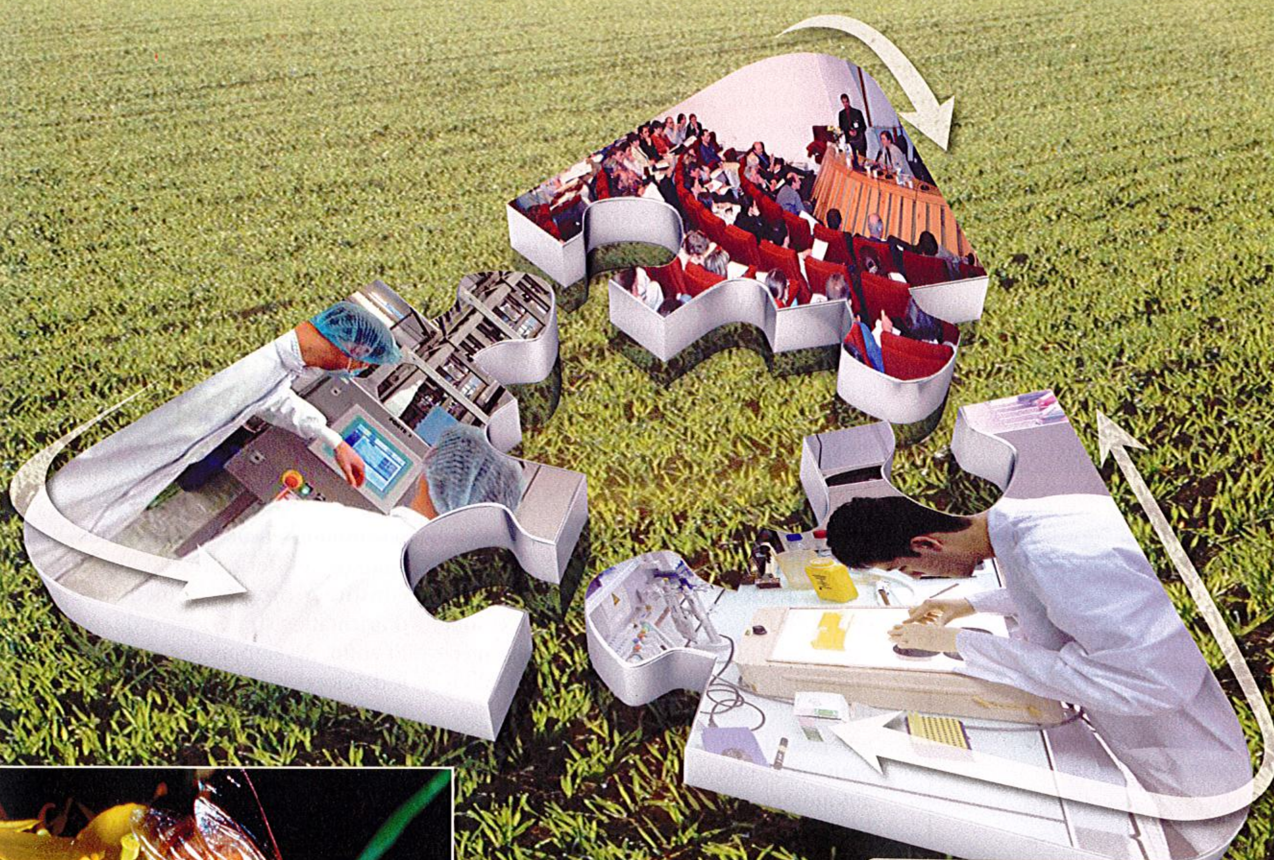
INRA magazine

Agriculture
Alimentation
Environnement

N°6 - OCTOBRE 2008

Une ambition renouvelée pour la recherche agronomique







DOSSIER
Agriculture et biodiversité

HORIZONS
Les lauriers 2008 de l'Inra

RECHERCHE
Comment se forment les organes végétaux

sommaire

Recherche, formation et innovation

Dans cette période de restructuration profonde du système national de recherche et d'enseignement supérieur, Valérie Pécresse, ministre de la recherche et de l'enseignement supérieur, a missionné Bernard Chevassus-au-Louis pour étudier la faisabilité d'un rapprochement entre la recherche et l'enseignement supérieur agronomiques. Interview de Guy Riba, directeur général délégué.

La refonte du système de recherche a-t-elle un écho particulier dans les domaines agronomiques ?
Guy Riba : oui, car l'agronomie connaît de profondes évolutions avec les changements de contexte global, les défis liés à l'alimentation, à l'énergie, aux nouveaux paradigmes écologiques… Et propre à la dynamique des sciences à l'émergence du haut débit ou l'impérieuse nécessité de se doter de représentations systémiques pour comprendre le vivant. Tout cela demande d'acquérir beaucoup de connaissances souvent à la croisée des disciplines scientifiques et de développer notre capacité d'innovations pour trouver des issues aux problèmes techniques et socio-économiques qui apparaissent. Cette refonte doit se faire en promouvant une gouvernance de la recherche agronomique garante d'une cohésion et cohérence à la hauteur des enjeux.

Qu'attendez-vous d'un rapprochement avec l'enseignement supérieur ?
G.R. : Historiquement, en France, la recherche et l'enseignement agronomiques sont cloisonnés. Les organismes de recherche interviennent peu dans la définition et la réalisation des formations et les écoles ne disposent pas, en propre, des ressources suffisantes pour construire des politiques de recherche autonomes. La recherche peut apporter ses infrastructures, moyens et personnels pour former les jeunes par la recherche et inversement la recherche gagne à ce que les jeunes soient mieux formés à son actualité. Le décloisonnement accroît également l'attractivité auprès de la communauté scientifique internationale. Cela peut aussi créer plus de synergies entre les disciplines universitaires et les problématiques agronomiques qui sont complexes, transdisciplinaires. Les enseignants ont tout à gagner de ce rapprochement car il permet de renforcer des disciplines peu soutenues par l'université et aussi de concevoir et développer les approches systémiques.

Quels seraient les objectifs de cette coopération ?
G.R. : J'en vois cinq. D'abord renforcer la visibilité, la reconnaissance et l'implication internationale du système national de recherche agronomique. Ensuite, améliorer sa performance en terme de recherche-formation-développement. Troisièmement, partager entre une vision prospective des enjeux scientifiques et socio-économiques liés à nos champs d'intervention. Quatrièmement, constituer progressivement une instance d'orientation stratégique et de coordination. Et enfin, développer des campus actifs dans le développement de partenariats avec les autres opérateurs régionaux de la recherche et de l'enseignement supérieur comme avec les acteurs socio-économiques.

Propos recueillis par Céline Goupil

INRA
INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
147 rue de l'Université • 75338 Paris Cedex 07
www.inra.fr

Directrice de la publication : Marion Guillou. **Directeur éditorial :** Pierre Establet. **Rédactrice en chef :** Catherine Donnars. **Rédaction :** Magali Sarazin, Pascale Mollier, Patricia Léveillé, Céline Goupil, Hélène Deval, Didier Boichard, Anne Perraut. **Photothèque :** Jean-Marie Bossennec, Julien Lanson, Christophe Maître. **Couverture :** Faire Savoir. **Crédits :** Qubist (puzzle) - Villalon (industrie) - Denon (paysage principal) Crédit Inra : Bertrand Nicolas (amphi) - Florence Carreras (labo) - Serge Carré (abeille). **Maquette :** Patricia Perrot. **Conception initiale :** Citizen Press - 01 53 00 10 00. **Impression :** Caractère. Imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement. PEFC/10-31-945

Dépôt légal : octobre 2008.
Renseignements et abonnement : inramagazine@paris.inra.fr
ISSN : 1958-3923



Edito

Chers lecteurs,

C'est avec un grand plaisir que j'entame ce deuxième mandat à la présidence de l'Inra. En effet, conduire le changement de notre communauté de la recherche agronomique est aujourd'hui à la fois exigeant et passionnant.

Le contexte évolue et l'Inra s'engage vis-à-vis des enjeux alimentaires du 21e siècle. Cela suppose à la fois des orientations scientifiques repensées à cette aune, un appui efficace aux équipes de recherche et d'expérimentation, et une attention aux partenaires dans les priorités comme dans les formes de collaboration. Pour cela les approches de l'Inra doivent pleinement prendre en compte les changements d'échelle en sciences du vivant comme en sciences de l'environnement, ainsi que le besoin de démarches intégratives et de représentations systémiques. L'Inra doit s'attacher également à diffuser les savoirs et les savoir-faire et à favoriser des innovations.

L'Inra pourra s'appuyer pour cela sur ses acquis qui apparaissent solides : d'une part un équilibre entre la dynamique propre de la science et la réponse aux attentes de la société par la recherche finalisée, et d'autre part un élargissement de ses angles thématiques en associant agriculture, alimentation, environnement et territoires.

Aussi pour ces quatre ans, je souhaite faire encore changer l'Institut pour qu'il devienne un véritable acteur international, plus efficace, plus attractif. Cela passe par des alliances renforcées, en France et en Europe, avec l'enseignement supérieur. Cela passe par une révision de nos modes d'organisation. Cela passe par la mise en œuvre de programmes avec nos partenaires, agriculteurs, industriels, décideurs, publics, ONG pour répondre à des grandes questions comme l'adaptation au changement climatique ou la durabilité des systèmes de production. Cela passe par une attention à la diversité de nos travaux scientifiques, d'innovation ou d'expertise.
Dès le mois d'octobre, je proposerai au conseil d'administration une ambition, un cap, une méthode de dialogue pour cela. Je compte sur vos idées, vos suggestions dans cette nouvelle étape de notre renouvellement au service de la terre, des femmes et des hommes.

Marion Guillou,
présidente



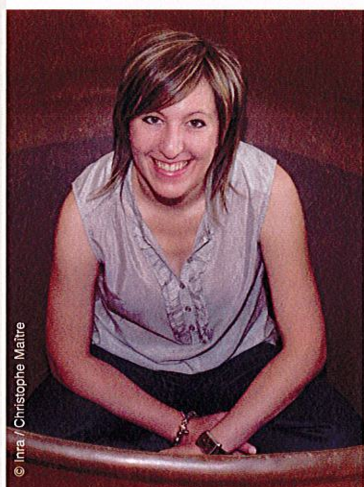
Les Lauriers 2008

Les Lauriers de l'Inra récompensent les qualités scientifiques, techniques et humaines de cinq personnalités ainsi que leur engagement dans le collectif professionnel. Pour sa 3e édition, la cérémonie de remise des prix a eu lieu à Paris le 23 septembre.

Portraits par Pascale Mollier

LAURIER « JEUNE CHERCHEUR »

Christelle Lopez, spécialiste des lipides du lait



Ce prix récompense le travail d'un chercheur prometteur. Christelle Lopez, 33 ans, est ingénieur et docteur d'université en sciences agroalimentaires. Depuis 2003, elle travaille à l'Unité mixte de recherche Inra - Agrocampus Ouest « Science et technologie du lait et de l'œuf» (Rennes).

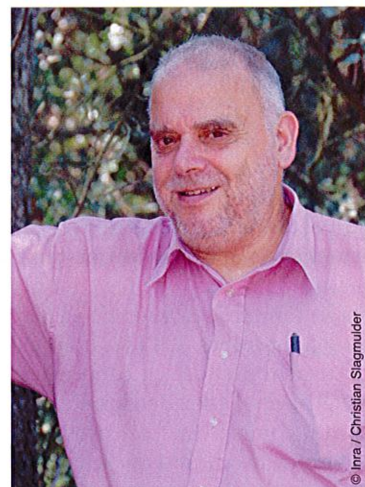
Christelle Lopez a développé des méthodes innovantes pour explorer *in situ* la structure et les propriétés des lipides dans le lait et ses produits dérivés (crème, fromages, beurres). Ce qui frappe, c'est la précocité de son parcours : à 33 ans, elle totalise 36 publications scientifiques internationales, coordonne un important projet soutenu par l'Agence nationale pour la recherche et les industriels laitiers. Son itinéraire débute par une rencontre décisive : « *c'est Michel Ollivon, directeur de recherche au CNRS à Châtenay-Malabry, qui m'a formée durant ma thèse aux techniques d'observation des cristaux de lipides. Les travaux que nous avons entrepris m'ont permis de recevoir le prix de l'Association Française de Calorimétrie et d'Analyse Thermique en juin 2008* ». Autre originalité : la jeune chercheuse a occupé des postes dans les secteurs public et privé. « *Mon objectif,* dit-elle, *est de faire de la recherche fondamentale tout en maintenant une relation étroite avec les industriels laitiers pour répondre à leurs préoccupations.* »

LAURIER « INGÉNIEUR »

Jean-Charles Valette, passé maître du feu

Ce laurier récompense une contribution remarquable dans le développement méthodologique, la valorisation des résultats de recherche, le lien avec les besoins des professionnels. Jean-Charles Valette, 61 ans, est ingénieur en techniques forestières. A l'Inra depuis 1973, il a dirigé jusqu'en 2007 l'équipe « Prévention des Incendies de Forêt » à Avignon.

Jean-Charles Valette étudie la prévention des incendies de forêts sous tous ses aspects : connaissance du combustible forestier, comportement du feu, méthodes de prévention. Il a contribué à la réutilisation du « brûlage dirigé » basé sur le débroussaillage par le feu, et à son inscription dans le code forestier. Il co-anime un Groupement d'intérêt scientifique et se trouve au cœur de réseaux professionnels publics et privés impliqués dans la gestion des incendies de forêts en région méditerranéenne. « *Vivre avec le feu,* explique Jean-Charles Valette, *c'est tenir compte du risque, mais aussi le prévenir en amont dans l'aménagement du territoire par des hameaux groupés plutôt que des habitations dispersées, par des retenues collinaires qui servent de réservoirs d'eau, par l'utilisation de la pierre, et la présence de volets dans les constructions...*» Jean-Charles Valette attache beaucoup d'importance aux solutions locales concertées entre collectivités territoriales, gestionnaires forestiers et professionnels du feu.



LAURIER DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Stanislav Dusko Ehrlich, pionnier de la génétique microbienne


© Inra / Bertrand Nicolas

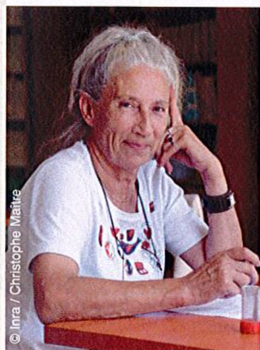
Ce laurier est décerné à une personnalité qui a contribué d'une manière exceptionnelle au rayonnement de la recherche agronomique. Stanislav Dusko Ehrlich, 65 ans est chercheur au laboratoire de génétique microbienne, à Jouy-en-Josas.

Les travaux pionniers de Dusko Ehrlich en microbiologie sont reconnus internationalement. Dans les années 1970, il a développé les méthodes de transfert d'ADN par clonage chez la bactérie modèle *Bacillus subtilis*. Dans les années 1990, il s'est engagé dans le séquençage systématique du génome de *Bacillus subtilis*, qui a contribué à l'explosion des connaissances sur le fonctionnement des bactéries. Il impulse depuis 2005 un vaste projet international de séquençage du métagénome des bactéries intestinales humaines, avec en perspective des retombées importantes pour l'alimentation et la santé humaine.

Pour lui, la réussite d'un travail scientifique tient à l'intérêt que celui-ci suscite dans la communauté internationale. « *On peut mesurer ce critère de façon rigoureuse*, explique t-il, *en combinant le nombre de publications d'une équipe à leurs indices de citation au cours d'une période donnée. Evaluer les équipes selon ce critère, plutôt que sur des projets, ferait gagner un temps précieux lors de l'attribution des crédits de recherche* ». Dusko Ehrlich ne mâche pas ses mots, que ce soit avec les scientifiques de haut vol qu'il a côtoyés tout au long de sa carrière, ou avec la direction de l'Inra quand il a créé, puis dirigé pendant 11 ans, le département de microbiologie. « *Mon rôle était celui d'un aiguillon pour promouvoir l'excellence scientifique sur des critères de productivité et d'impact. Il faut définir une programmation globale, puis faire confiance aux équipes et leur donner les moyens.* »

DEUX LAURIERS « APPUI À LA RECHERCHE »

Ces lauriers sont attribués à deux agents dont la contribution est significative dans les activités d'expérimentation, de formation et de transfert. Au Magneraud (Poitou-Charentes), José-Annick Doux, 64 ans, orchestre la programmation informatique d'une base de données sur les sols et Guy Roussel, 57 ans, conçoit et met en œuvre des méthodes innovantes de reproduction des arbres au domaine expérimental de Pierroton (Bordeaux).


© Inra / Christophe Maître

José Doux, à la programmation informatique

José Doux gère le logiciel « Donesol » qui intègre les données permettant une description spatiale et temporelle complète des sols français : profondeur, texture, évolution de la matière organique, des éléments minéraux, des polluants etc. Entrée à l'Inra à 17 ans, José Doux n'a cessé de se former aux nouveaux développements informatiques intéressant son domaine. A son tour, elle a formé ses collègues, les utilisateurs de Donesol et des étudiants en IUT. Le travail de José Doux en matière d'assurance qualité des bases de données cartographiques des sols est une référence dans les procédures nationales de normalisation.

Guy Roussel, marieur des arbres

Grâce à sa grande ingéniosité, Guy Roussel a contribué de manière déterminante à l'orientation de son unité de recherche vers l'exploration de la diversité génétique des populations d'arbres. Il a conçu plusieurs dispositifs rendant possible les croisements entre des arbres de grande taille. Réalisés entre différentes espèces de chênes blancs, ces croisements ont permis aux chercheurs d'établir la première carte génétique de cette famille. Carte devenue depuis une référence non seulement pour le chêne, mais aussi pour le châtaignier et le hêtre qui lui sont proches.


© Inra / Gérad Paillard

en bref

Nouveaux projets européens

L'Inra (Orléans) coordonne un nouveau projet européen sur l'amélioration des arbres forestiers afin de satisfaire l'évolution de la demande en bois et assurer la durabilité des forêts dans le contexte du changement climatique. « Noveltree » fédère 14 laboratoires européens pendant 4 ans. Il est doté de 6,3 millions d'euros dont les deux tiers sont financés par l'Europe (7e PCRD).

Visant le développement de nouvelles variétés de blé et d'orge, le projet européen TriticeaeGenome, coordonné par l'Inra à Clermont-Ferrand-Theix, regroupe 15 organismes de recherche et 2 industriels spécialisés dans la génomique des céréales. Le budget global du projet se monte à 7,5 millions d'euros dont 5,3 millions d'euros financés par l'Europe, pour une durée de 4 ans.

Accord cadre

L'Inra et l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema) ont signé en juin un accord cadre de coopération dans le domaine de la gestion durable des ressources en eau et des milieux aquatiques.

Distinction

Yves Chilliard, directeur de recherche au centre Inra de Clermont-Ferrand-Theix a reçu l'*International Dairy Production Award*, prix décerné par l'*American Dairy Science Association* (ADSA) en reconnaissance de ses activités de recherche et de son expertise internationale dans le domaine des sciences du lait.

Nouvelles ruralités

L'Inra a conclu en juillet une prospective sur les nouvelles ruralités en France à l'horizon 2030. A l'aide de quatre scénarios d'évolution possible, elle apporte un éclairage aux acteurs et aux pouvoirs publics, sur l'évolution de la ruralité dans les territoires et ses conséquences pour l'agriculture.

Comment se forment les nouveaux organes végétaux

Des chercheurs de l'Inra ont identifié chez les plantes des protéines impliquées dans le mécanisme de formation de nouveaux organes, *via* la circulation de l'auxine, hormone de croissance végétale.

L'auxine est une hormone impliquée dans la formation des organes, l'élongation cellulaire, ou le gravitropisme, c'est-à-dire la capacité des racines à croître vers le bas. Elle est synthétisée à l'extrémité de la tige florale et transportée jusqu'à la racine en passant de cellules en cellules. Ce transport polarisé se fait grâce à des transporteurs membranaires qui assurent la sortie de l'auxine hors des cellules. Selon que ces transporteurs sont situés sur la partie basale ou sur la partie latérale de la cellule, l'auxine va suivre un trajet « vertical » ou « latéral ». Le flux vertical de l'auxine détermine la croissance de la racine principale, tandis qu'un flux latéral induit la formation d'une racine latérale.

Comment se forme une racine latérale

Lors de la formation d'une racine latérale à partir de la racine principale, modèle qu'ont étudié les chercheurs chez la plante modèle *Arabidopsis thaliana* (proche du colza), une catégorie de transporteurs d'auxine change de polarisation. Ces transporteurs passent du pôle basal au pôle latéral de la cellule (figure 1).

La localisation polaire de ces transporteurs est maintenue par un cycle continu d'endocytose puis d'exocytose (figure 2). Lors de l'endocytose, une vésicule membranaire se forme autour du transporteur et l'entraîne à l'intérieur de la cellule. Puis il réapparaît d'un autre côté de la cellule par un processus inverse appelé exocytose. Entre les deux, il est orienté vers sa destination en transitant dans des endosomes, organites* impliqués dans le tri et le transport des protéines. Les chercheurs de l'Inra ont identifié une protéine nécessaire à ce mécanisme de repolarisation. Cette protéine fait partie d'un ensemble appelé « complexe rétromère », connu jusqu'alors pour exercer une autre fonction dans la cellule : le transport de protéines entre les endosomes et le réseau trans-golgien. Les chercheurs se focalisent maintenant sur les autres protéines du complexe rétromère, qui semblent jouer différents rôles clés dans plusieurs processus de développement des plantes.



RÉSEAU DE RACINES d'*Arabidopsis thaliana.*

Des découvertes extrapolables au règne animal

Les protéines du complexe rétromère sont très similaires entre les végétaux et les animaux.

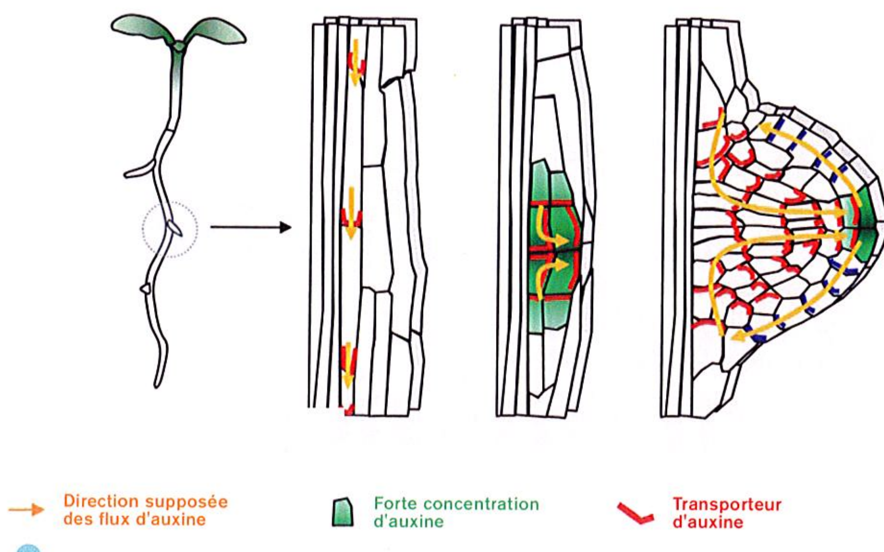


FIGURE 1 : repolarisation des transporteurs d'auxine et initiation d'une racine latérale (d'après Yvon Jaillais).

La mise en évidence du rôle nouveau de ce complexe dans la polarisation de transporteurs des hormones de développement, mécanisme qui conditionne lui-même la mise en place des organes, amène à l'étudier aussi chez les animaux. Récemment, ce rôle a été confirmé par d'autres équipes pour le transporteur d'une protéine impliquée tant dans la mise en place des organes que dans la prolifération cellulaire chez le nématode, la mouche du vinaigre (drosophile) et l'homme.

Ces travaux apportent une vision nouvelle des mécanismes moléculaires qui contrôlent la polarisation cellulaire nécessaire au développement des organismes pluricellulaires. Ils soulignent le rôle majeur joué par le cycle endocytose-exocytose dans les processus de croissance et de développement. ●

Pascale Mollier

*organite : compartiment cellulaire fermé par une membrane (cf figure 2)

+d'infos

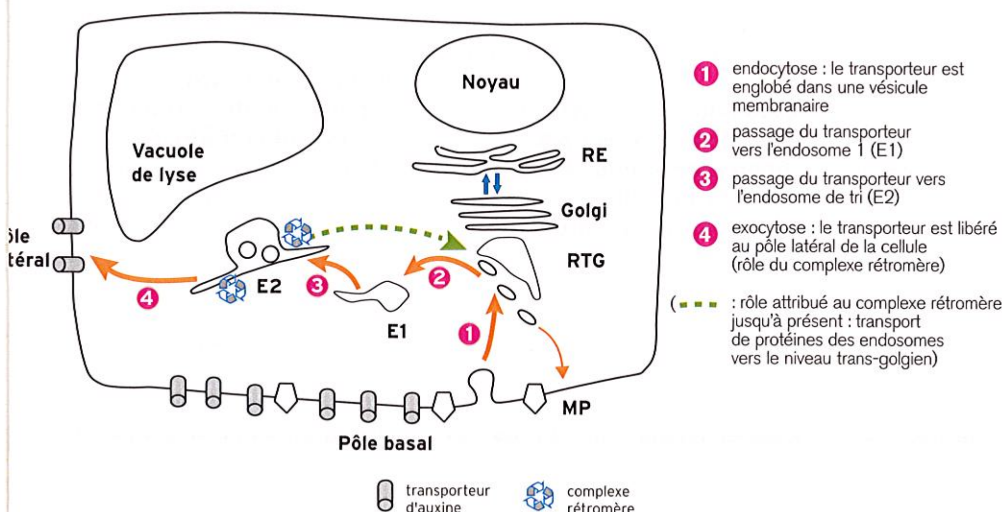
référence :

Jaillais Y, Santambrogio M, Rozier F., Fobis-Loisy I., Miège C. et Thierry Gaude T., 2007. The retromer protein VPS29 links cell polarity and organ initiation in plants. *Cell* 130, 1057-1070.

contact :

thierry.gaude@ens-lyon.fr

FIGURE 2 : modèle d'endocytose-exocytose dans une cellule végétale pour la repolarisation des transporteurs d'auxine (d'après Yvon Jaillais).



Réseaux de compartiments cellulaires par lesquels transitent les protéines après leur synthèse à partir de l'ADN du noyau :

RE = réticulum endoplasmique : synthèse des protéines membranaires ou secrétées
Golgi et RTG = réseau trans-golgien : maturation des protéines
MP = membrane plasmique

en bref

Génome d'un parasite des plantes connu

Un consortium international de 27 laboratoires, impliquant le CNRS, le Génoscope et coordonné par des chercheurs de l'Inra Sophia-Antipolis vient de séquencer pour la première fois le génome d'un ver parasite de plantes, le nématode à galles, *Meloidogyne incognita*.
Nature Biotechnology, 07/2008

Migration en altitude

Une étude réalisée par des chercheurs d'AgroParisTech, de l'Inra et du CNRS montre que les plantes migrent en altitude, à raison de 29 mètres par décennie, en réponse au changement climatique et afin de conserver les températures fraîches nécessaires à leur survie. Les chercheurs ont comparé la distribution de 171 espèces forestières dans les montagnes françaises à partir d'inventaires floristiques réalisés depuis le début du 20e siècle.
Science, 06/2008

Des salmonelles dans les plantes

Jusqu'à présent, les infections alimentaires provoquées par la salmonellose étaient imputées à la consommation d'aliments d'origine animale ou de légumes contaminés. Des chercheurs de l'Inra (Génopôle d'Evry) et de l'Université de Vienne ont montré que la bactérie *Salmonella typhimurium* pouvait infecter directement les plantes en se localisant dans leurs tissus et en se développant à l'intérieur de leurs cellules.
PloS ONE, 05/2008

L'origine du parfum des roses

Le parfum de thé caractéristique de nombreuses variétés de roses modernes est dû à l'évolution d'un gène spécifique (OOMT1) présent chez des roses sauvages chinoises. L'utilisation de ces roses pour la création de nouvelles variétés au 19e siècle a favorisé la transmission du gène.
Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 105

Répartition des gains de productivité dans la filière agroalimentaire

Une étude macro-économique éclaire un aspect souvent polémique de la constitution des prix alimentaires : la répartition des gains de productivité entre agriculture, industrie agroalimentaire, commerce et consommateurs. Si l'étude porte sur la période 1978-2005, elle renseigne également sur les conséquences possibles de la hausse récente des prix agricoles. Interview de Jean-Pierre Butault, auteur de l'étude, directeur de recherche au laboratoire d'économie publique Inra-AgroParisTech.


© Inra / Christophe Maître

Votre étude s'appuie sur des données de l'Insee pour analyser le partage des gains de productivité au sein de la filière agroalimentaire. Quels enseignements en tirez-vous ?

Jean-Pierre Butault : Entre 1978 et 2005, les gains de productivité (repère 1) de la filière agro-alimentaire ont été très importants. Ils proviennent presque exclusivement de l'agriculture : sur 42 milliards d'euros (indexés année 2000) représentant le surplus de productivité globale de la filière, 38 milliards sont issus de l'agriculture. Ces gains de productivité ont abaissé les prix agricoles à la production en termes réels de près de 50% (soit 2,2 % en moyenne par an). Sur la même période, les prix à la consommation alimentaire n'ont baissé que de 5%.

L'agriculture serait-elle la grande perdante de cette évolution ?

J- P. B. : La situation de l'agriculture a déjà été maintes fois analysée et décrite (voir + d'infos). La hausse de la productivité agricole a eu pour contrepartie une baisse drastique de l'emploi agricole, associé à l'agrandissement des structures d'exploitation. Avec les réformes de la Politique agricole commune de 1992 et 1999, une part de la baisse des prix a été compensée par le versement d'aides directes. Au total, un tiers du surplus de productivité a été retenu par les agriculteurs afin d'augmenter leur revenu, même si on assiste, en fin de période étudiée, à un essoufflement des gains de productivité et à une dégradation du revenu moyen agricole.

■ Repère 1

La productivité du travail est le ratio obtenu en divisant le volume de la production par la quantité de travail. Le surplus ou gain de productivité est réparti entre les travailleurs (salaires), les apporteurs de capitaux (revenu d'entreprise, profit...) et les acheteurs (baisse de prix).

Comment les industries agroalimentaires (IAA) répercutent-elles l'évolution des prix de leurs approvisionnements ?

J- P. B. : Il y a une certaine transmission : ainsi, sur la période 1978-2005, les prix ont baissé de 1,6% dans l'industrie de la viande et du lait et de 0,8% dans les autres IAA. Mais cette transmission est modeste car les gains de productivité dans les IAA sont restés modérés : de l'ordre de 0,15% par an contre 0,65% dans l'ensemble de l'industrie et 1,9% dans l'agriculture. Deux raisons à cela : d'une part, la productivité du travail a augmenté deux fois moins vite que dans les autres secteurs industriels et d'autre part, le poids des consommations intermédiaires (repère 2) reste prépondérant dans les IAA. Les industries n'ont pas profité de la situation : les salaires et la rémunération du capital ont augmenté moins rapidement que dans les autres secteurs industriels. Sur la base des résultats de l'étude, tout se passe comme si les IAA, du moins globalement, ne disposaient pas de pouvoir de marché (repère 3).

Les consommateurs n'ont donc pas bénéficié de ces évolutions ?

J- P. B. : Seuls les prix à la consommation des produits carnés et laitiers ont réellement baissé : de l'ordre de 15% entre 1978 et 2005. Les fruits, les légumes et les autres produits agricoles non transformés ont d'abord diminué puis ont retrouvé en fin de période un niveau presque équivalent à celui initial. D'une manière générale, on observe d'abord une baisse des prix alimentaires puis après 1995, un retournement et la remontée des prix.

Le commerce est-il responsable de la remontée des prix alimentaires ?

J- P. B. : La situation du commerce alimentaire est complexe. Le début de période correspond à une phase de rationalisation du commerce entre branches avec une contraction des marges. Au contraire, le taux de marge a augmenté en fin de période. Il est passé de 24% en 1978 à 32% en 2005. Cette hausse est partiellement responsable de la remontée des prix alimentaires. L'interprétation est cependant difficile, avec les instruments macroéconomiques utilisés dans cette étude : elle peut être liée à divers facteurs tels que l'augmentation des coûts de la distribution, l'amélioration de leurs services, l'accroissement du pouvoir de marché de la distribution ou



encore l'effet des législations. Des recherches plus pointues sont effectuées à l'Inra sur ces rapports entre la distribution et ses partenaires (+ d'infos).

Quels sont alors les opérateurs « gagnants » ?

J- P. B. : Les autres branches et notamment la restauration collective ont bénéficié de baisses de prix beaucoup plus fortes que les consommateurs finaux. Les produits achetés ne sont sans doute pas les mêmes et les marchés sont différents.

Et sur le plan des échanges internationaux ?

J- P. B. : C'est au cours de la période étudiée que la France est passée d'une situation commerciale déficitaire en biens alimentaires à une situation de grand exportateur. Mais, ce passage s'est accompagné d'une détérioration des termes de l'échange, c'est-à-dire d'une baisse plus forte du prix des exportations que du prix des importations. En définitive, une part non négligeable des gains de productivité de la filière agro-alimentaire française a bénéficié aux clients étrangers.

Les prix agricoles ont augmenté en 2007. Comment cette hausse va se répercuter sur les prix alimentaires ?

J- P. B. : Compte tenu de la demande des pays émergents et du développement des agrocarburants, la FAO et l'OCDE prévoient un maintien des prix agricoles élevés, non pas au niveau exceptionnel de 2007 et début 2008, mais à des niveaux néanmoins supérieurs à ceux de la précédente décennie. Pour l'instant, les prix alimentaires ont augmenté dans une moindre proportion que les produits agricoles. Mais on voit mal comment une hausse des prix agricoles ne se répercuterait pas sur les prix finaux. Même si, la valeur des produits agricoles dans celle des produits alimentaires ayant fortement baissé, cela limite l'impact de la hausse des prix agricoles. L'étude montre également que l'évolution des prix alimentaires dépend des rapports de force au sein de la filière alimentaire. ●

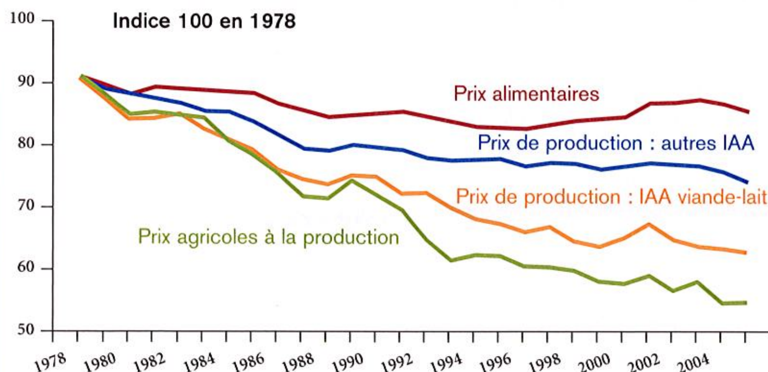
Propos recueillis par Céline Goupil

Repère 2

Les consommations intermédiaires correspondent aux biens et services entrant dans le processus productif au cours de l'étape étudiée.

Repère 3

Le pouvoir de marché désigne la capacité d'un opérateur à contrôler les prix afin d'augmenter sa rémunération.



PRIX À LA PRODUCTION dans l'agriculture et les IAA et prix alimentaires à la consommation (France, Hors tabac. Indice 100 : 1978, en euros constants)

+d'infos

références :

J.P. Butault. La relation entre prix agricoles et prix alimentaires : une approche macro-économique en France entre 1978 et 2005. Cette étude présentée à la Commission des Comptes de l'Agriculture de la Nation du 1er juillet 2008 est en cours de publication dans la *Revue Française d'Economie.*

INRA Sciences Sociales N° 2, 2006 - J.P. Butault. (gains de productivité agricoles)

INRA Sciences Sociales, N°5-6, novembre 2006 - C. Bonnet *et al.* (synthèse sur relations fournisseur/distribution).

www.inra.fr/internet/Departements/ESR/publications/

contact : jean-pierre.butault@nancy-engref.inra.fr

Révolution dans la sélection animale

La sélection génomique est une révolution en génétique animale. Elle consiste à sélectionner des reproducteurs sur la base de leur valeur génétique (1) prédite à partir de marqueurs génétiques répartis sur tout le génome.



Proposée en 2001 d'un point de vue théorique, la sélection génomique est restée inutilisée pendant plusieurs années, faute d'outils génomiques adaptés. Elle émerge maintenant avec l'arrivée de puces de génotypage (2) à haut débit. Alors que la sélection classique fondée sur la généalogie, nécessite de collecter préalablement les phénotypes (3) d'un grand nombre de reproducteurs et de leurs apparentés, phase coûteuse et souvent longue, la sélection génomique pourrait se contenter des phénotypes d'une population de quelques milliers d'individus qui servira de référence pour apprécier les associations entre marqueurs génétiques (4) et caractères. La sélection génomique peut de plus intervenir précocement, dès la naissance de l'animal, voire dès le stade embryonnaire. Elle permet aussi de prendre en compte des caractères difficilement mesurables ou incompatibles avec le statut de reproducteur comme la qualité de la viande ou la résistance aux maladies, ou encore de manifestation tardive comme la longévité. Elle ouvre ainsi la possibilité d'intégrer des caractères nouveaux dans les objectifs de sélection.

Dans sa nature, la sélection génomique est une extension de la sélection assistée par marqueurs. La différence réside dans la prise en compte d'un nombre limité de gènes à effets importants dans la sélection par marqueurs, alors que la sélection génomique repose sur la prédiction de la valeur globale du génome à partir de plusieurs milliers de marqueurs répartis sur l'ensemble du génome. La nature et la place d'un contrôle des performances dans les stratégies de sélection génomique restent à définir.

repères

10 000 animaux génotypés en **2009** au laboratoire Labogena.

Une puce de 54000 marqueurs

Des initiatives de sélection génomique sont en cours dans toutes les espèces dès lors que des puces de génotypage à haut débit sont disponibles. Mais c'est dans le domaine des bovins laitiers que les avancées sont les plus spectaculaires dans différents pays. Partenaire d'un consortium international, l'Inra, en collaboration avec le Centre national de génotypage à Evry, a analysé une première population de 3 300 taureaux avec une puce de 54 000 marqueurs dans le cadre d'un programme de recherche soutenu par l'Agence nationale de la recherche (ANR) et ApisGene. Dès l'an prochain, un vaste programme de sélection génomique impliquera plus de 10 000 animaux génotypés par an sur la plateforme Illumina du laboratoire Labogena (Jouy-en-Josas), dans la continuité du programme de sélection par marqueurs conduit avec l'Union nationale des coopératives d'élevage et d'insémination artificielle (Unceia) depuis 2001.

La sélection génomique est une évolution majeure pour les sélectionneurs et les utilisateurs. Très attendue, elle fait l'objet de nombreux développements méthodologiques et engendrera sans aucun doute des évolutions profondes dans le domaine de la sélection. ●

Didier Boichard

(1) valeur génétique : espérance de ce que l'animal transmet à ses descendants
(2) puces de génotypage à haut débit : support qui permet d'identifier les variations de séquences d'ADN pour un grand nombre de marqueurs
(3) phénotype : expression du caractère considéré chez un individu
(3) marqueur génétique : séquence d'ADN présentant plusieurs variants appelés allèles

+d'infos

contact :

didier.boichard@jouy.inra.fr
Chef du département de génétique animale

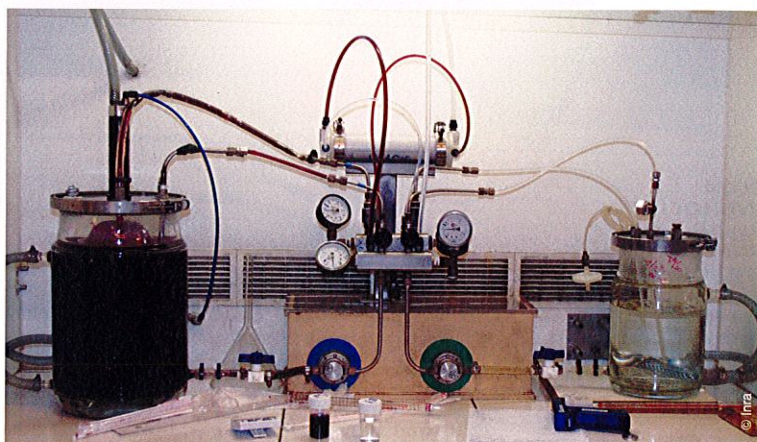
référence :

T.H.E. Meuwissen, B.J. Hayes, M.E. Goddard. 2001. Prediction of Total Genetic Value Using Genome-Wide Dense Marker Maps. *Genetics* 157: 1819-1829.

Innovation dans l'extraction des molécules odorantes

Les molécules odorantes naturelles sont des composés à haute valeur ajoutée, très utilisés en industries alimentaire, pharmaceutique, cosmétique ou en parfumerie. Leur séparation reste une opération difficile et coûteuse. De nouvelles technologies voient le jour. C'est le cas des contacteurs membranaires qui par leur compacité, leur flexibilité, leur sélectivité, leur faible consommation d'énergie et de solvant, présentent des atouts indéniables.

Les contacteurs membranaires font partie des procédés de séparation utilisant une membrane. Classiquement, la membrane est une barrière de quelques centaines de nanomètres à quelques millimètres d'épaisseur, capable de retenir ou de laisser passer certaines molécules entre deux milieux qu'elle sépare. Dans le cas des contacteurs membranaires, la membrane est poreuse et sert à stabiliser l'interface entre deux ou trois fluides. Ainsi, des zones de contact et d'échange sont créées entre les différentes phases au niveau des pores de la membrane. Au laboratoire « génie et microbiologie des procédés » à Grignon, les contacteurs membranaires sont étudiés pour l'extraction sélective de composés volatils dans deux optiques d'application différentes : la récupération de composés odorants dans les eaux industrielles et la désalcoolisation partielle de vin.



CONTACTEUR MEMBRANAIRE pour la désalcoolisation partielle du vin.

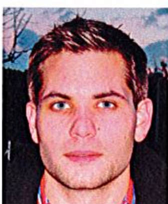
Traitement des effluents odorants

Les procédés agro-industriels emploient beaucoup l'eau et la chargent, entre autres, en molécules aromatiques : leur récupération permet de valoriser l'extrait (détergent, cosmétique) et de désodoriser des eaux, ce qui autorise leur recyclage. D'un point de vue technologique, la séparation en milieu aqueux très dilué constitue une contrainte forte. Grâce à un contacteur (à fibres creuses) offrant une grande surface d'échange pour un faible encombrement, on peut extraire des arômes 5000 fois plus concentrés que la solution initiale. Pour les eaux de blanchiment de chou-fleur ou pour un condensat issu de la concentration d'une purée de tomates, le rendement d'extraction dépasse 90%.

Dans le cadre d'un tout autre programme, sur le « Vin de qualité à teneur réduite en alcool », associant 8 laboratoires publics et 4 partenaires privés, les scientifiques ont démontré l'efficacité des contacteurs membranaires pour « désalcooliser » partiellement le vin (2% volume d'éthanol), sans altération de la perception sensorielle du produit.
Les recherches se poursuivent pour trouver un matériau membranaire encore plus résistant et conjointement utiliser des solvants « propres » pour l'environnement.

Anne Perraut

Un transfert de technologie réussi



Le laboratoire « Génie des procédés » contribue à la formation de nombreux étudiants. C'est ainsi qu'en juillet 2007, Fabrice Gascons Viladomat, a mis à profit les compétences acquises au cours de sa thèse, pour créer sa société : EDERNA Green Technologies. Spécialisée dans la technologie des contacteurs membranaires, la « jeune pousse » propose des procédés de production et de purification de molécules à haute valeur ajoutée depuis la réalisation des études de faisabilité jusqu'à l'installation d'unités pilotes. EDERNA est lauréate de l'édition 2008 du concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

+d'infos

contacts : Isabelle Souchon souchon@grignon.inra.fr
Violaine Athes - vathes@grignon.inra.fr
UMR Génie et microbiologie des procédés alimentaires (Inra-AgroParisTech)
www.inra.fr/en_direct_des_labos
Ederna : Fabrice Gascons Viladomat - Ederna Sarl - 47, route d'Espagne - Les Airelles - 31100 Toulouse - info@ederna.com

Le sexe du melon



MELON CANTALOUP de type Prescott cultivé au 19e siècle et début 20e en France
Extrait de l'Album Vilmorin des plantes potagères (fin 19e).

Des chercheurs de l'Inra ont mis en lumière le mécanisme génétique à l'origine de la transformation des fleurs femelles du melon en fleurs hermaphrodites.

Dans le règne animal, on naît de sexe masculin ou de sexe féminin, rarement hermaphrodite. La plupart des végétaux pratiquent quant à eux le mélange des genres. « *Les plantes ont développé différents systèmes de reproduction, mais les mécanismes génétiques qui les sous-tendent ne sont pas encore bien compris* » explique Abdelhafid Bendahmane, spécialiste de la génomique végétale à l'Inra, qui a initié il y a quatre ans les travaux sur le déterminisme du sexe chez le melon, plante modèle étudiée pour ses gènes d'intérêt agronomique.

Fleurs mâle, hermaphrodite ou femelle

Pour *Cucumis melo* donc, indépendamment du cas où la plante ne comporte que des fleurs femelles, l'hermaphrodisme se manifeste de trois façons. Le plus souvent, la plante porte sur un même pied des fleurs mâles distinctes des fleurs femelles : la plante est dite « monoïque ». Autre cas de figure, la plante possède des fleurs hermaphrodites, c'est-à-dire dotées à la fois d'organes mâles (les étamines) (1) et femelle (le carpelle) (2). Enfin, la plante peut aussi porter, en plus de ces fleurs bisexuées, des fleurs mâles. Ce dernier cas, appelé « andromonoécie », a retenu l'attention des chercheurs de l'Inra. Concernant 4000 espèces autres que le melon, il semble non seulement plus courant chez les plantes cultivées que chez les plantes sauvages, mais aussi associé à une meilleure survie de l'espèce ainsi qu'à des caractères de qualité comme le taux de sucre des fruits.

L'hermaphrodisme, une mutation génétique simple

Les chercheurs de l'Inra ont isolé la région génomique responsable de l'andromonoécie chez le melon. Cette région porte le gène « a », qui code une enzyme impliquée dans la synthèse d'éthylène, une hormone végétale déjà connue pour son rôle dans la maturation des fruits. Pour étudier les variations naturelles de ce gène, les chercheurs ont alors constitué, grâce au réseau des ressources génétiques de melon (3) que l'Inra a créé en 1996, un échantillon de 500 variétés de melon provenant de toutes les parties du monde. 347 d'entre elles étaient andromonoïques, les autres monoïques. Ils ont alors découvert que le gène « a » est présent dans toutes les fleurs femelles et que l'éthylène a aussi pour fonction d'empêcher le développement des étamines. Une mutation simple de ce gène, une seule base remplacée par une autre dans l'ADN, suffit à inactiver l'enzyme et à arrêter la production d'hormone. Le gène « a » muté permet alors la formation d'organes mâles et donc de fleurs hermaphrodites. Un tel lien entre la détermination du sexe et la synthèse d'éthylène a également été révélé chez d'autres plantes, comme le maïs.

Ces travaux renseignent également sur l'histoire évolutive du melon : « *d'abord monoïque, le melon a connu cette simple mutation génétique naturelle le conduisant à l'andromonoécie, une caractéristique qui a par la suite été volontairement sélectionnée, puis dispersée sur tous les continents* » précise encore Abdelhafid Bendahmane. Brevetées, ces recherches permettront aux semenciers qui créent des hybrides (4), aux rendements améliorés par la « vigueur hybride » (5), de maîtriser le sexe de leurs plantes ou de détecter avant floraison quel sexe porteront les fleurs de leurs créations hybrides, un gain de quelques mois tout de même !

Magali Sarazin

(1) Une étamine est faite d'un filet et d'une anthère au sommet, portant elle-même les loges qui produisent le pollen.
(2) Le carpelle est l'élément constitutif du pistil, composé de l'ovaire, surmonté du style lui-même terminé par le stigmate. C'est sur ce dernier que se déposent les grains de pollen au cours de la fécondation. Le carpelle se transformera ensuite en fruit, c'est-à-dire l'enveloppe des graines.
(3) www.avignon.inra.fr/rg_melon/public/presentation_reseau.html
(4) Les hybrides sont issus de croisements entre des parents assez éloignés génétiquement.
(5) En évitant notamment la dépression de consanguinité liée aux autofécondations.

+d'infos

contact scientifique :
Abdelhafid Bendahmane
bendahm@evry.inra.fr
Laboratoire « Génomique végétale» (Inra, CNRS et Université d'Évry)

référence :
« Conserved Mutation in an Ethylene Biosynthesis Enzyme Leads to Andromonoecy in Melons » *Science* Vol 321, n° 5890 - 8 août 2008
Adnane Boualem, Mohamed Fergany, Ronan Fernandez, Christelle Troadec,Antoine Martin, Halima Morin, Marie-Agnes Sari, Fabrice Collin, Jonathan M. Flowers, Michel Pitrat, Michael D. Purugganan, Catherine Dogimont, Abdelhafid Bendahmane

DOSSIER

1 Représentations
De la protection de la nature à la gestion de la biodiversité

2 Agro-écosystèmes
Impacts et synergies entre l'agriculture et la biodiversité

3 Socioéconomie
Approcher la valeur de la biodiversité



PLEIN CHAMP
Tapisserie de Dom Robert.

Agriculture et biodiversité

Dossier réalisé sous la responsabilité scientifique de **Laurent Lapchin** et **Claire Sabbagh** rédigé par **Hélène Deval**, **Catherine Donnars**, **Céline Goupil**, **Pascale Mollier** et **Isabelle Savini**.
Principale source d'information : expertise collective « Agriculture et biodiversité » éditée par **X. le Roux**, **R. Barbault**, **J Baudry**, **F. Burel**, **I. Doussan**, **E. Garnier**, **F. Herzog**, **S. Lavorel**, **R. Lifran**, **J. Roger-Estrade**, **J.P. Sarthou**, **M. Trommetter.**

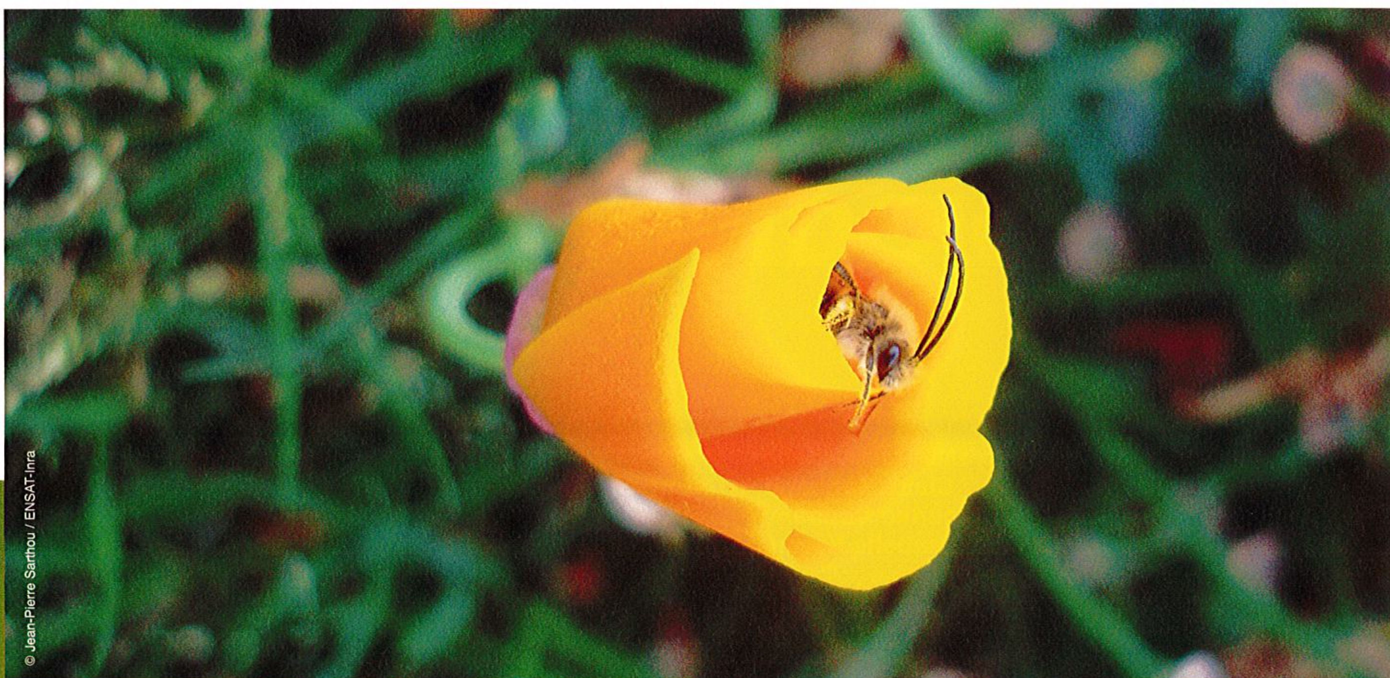
INRA

DOSSIER

Agriculture et biodiversité

Qu'est-ce que la biodiversité ? Souvent synonyme de nature, la biodiversité est une notion complexe pour les scientifiques. Elle englobe les espèces emblématiques auxquelles s'intéressent particulièrement les défenseurs de la nature (rapaces, batraciens, loups...) et tous les organismes ordinaires ou invisibles car souvent microscopiques qu'abritent par exemple les sols. La biodiversité désigne toutes les variations que l'évolution a façonnées entre les populations, espèces et communautés vivantes, mais aussi les interactions entre ces différents niveaux d'organisation ainsi que les relations que chacun entretient avec l'environnement. A la fois moteur et résultat, la biodiversité dépasse donc le simple état de la « diversité du vivant » pour intégrer son organisation et l'utilisation durable de cette diversité du vivant dans l'environnement.
Les questions relatives à son fonctionnement ont été abordées depuis longtemps par la recherche - bien avant qu'on l'appelle « biodiversité » - mais de manière cloisonnée en fonction des populations, espèces ou communautés. Aujourd'hui, le pari est d'approfondir et de mieux intégrer les différents niveaux de connaissance. Au-delà d'un assemblage, les avancées scientifiques ont besoin d'un élargissement de la palette des concepts, théories et modèles à même de décrire la biodiversité.
Ainsi, les relations entre agriculture et biodiversité constituent une thématique de recherche émergente entre l'agronomie, l'écologie et les sciences sociales. La gestion des « agro-écosystèmes » préoccupe politiques et gestionnaires de l'environnement en vue de construire des compromis entre exploitation et durabilité des ressources et des milieux. Nœud gordien, l'évaluation de la biodiversité fait l'objet de beaucoup de recherches qui *in fine* essaient de chiffrer sa valeur. Ce dossier aborde ces aspects. Il s'appuie sur l'expertise scientifique collective « Agriculture et biodiversité », sollicitée par les décideurs publics, confiée à l'Inra et conclue en juillet dernier.

L'actualité scientifique et politique dans la suite du Grenelle de l'environnement est marquée également par la création de la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité et l'organisation en novembre prochain, d'une conférence internationale « *Biodiversity & Agricultures* » qui se tiendra à Montpellier, dans le cadre de la Présidence française de l'Union européenne. Elle portera les réflexions en cours au niveau de l'Espace européen de la recherche.



ABEILLE SAUVAGE (Eucera) émergeant de son abri nocturne, une Escholtzia.

1 Représentations

De la protection de la nature à la gestion de la biodiversité

Il y a aujourd'hui consensus pour constater que la biodiversité, menacée par le développement des activités humaines - urbanisation, aménagement, intensification de l'agriculture – doit être préservée. Toutefois son caractère multidimensionnel rend difficiles et divergentes les manières de l'appréhender.

Le néologisme biodiversité est apparu au milieu des années 1980, rapidement associé à la lutte contre la perte de biodiversité. Placée au cœur des conflits d'intérêts qui se sont fait jour au Sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992, la biodiversité fait l'objet d'une Convention internationale, ratifiée par 182 pays et l'Union européenne. L'appauvrissement de la biodiversité principalement causé par l'impact des activités humaines (qui fragmentent et détruisent les habitats naturels) mobilise un vaste panel d'acteurs : gouvernements, associations environnementalistes, gestionnaires des ressources naturelles, collectivités territoriales, médias, etc. Certaines ONG, au premier rang desquelles l'UICN (Union internationale pour la conservation de la nature), ont joué un rôle important dans cette évolution.

Choisir des indicateurs

Une première difficulté est d'évaluer l'ampleur de la perte de biodiversité. Il faut estimer la richesse en espèces et leur abondance relative. Spéculatifs, les chiffres de son « érosion » ou « effondrement » sont difficiles à manipuler. Au taux d'extinction de 100 à 1 000 fois le taux naturel avancé par certains scientifiques, d'autres rétorquent que les données biologiques sont trop partielles pour être fiables, les mammifères et les oiseaux étant par exemple surreprésentés. Les inventaires comptabilisent 1,7 à 2 millions d'espèces visibles identifiées sur terre, mais les estimations sur leur nombre total varient de 5 à 30 millions !

Même à l'échelle d'un territoire agricole français, il n'est pas aisé d'évaluer la perte de biodiversité. La plupart des études s'intéressent à quelques espèces ou groupes d'espèces ou encore aux espèces rares ou menacées. La biodiversité est donc approchée par le biais d'indicateurs , certains étant reconnus comme indicateurs de la richesse biologique globale. L'Union européenne a ainsi défini l'abondance d'oiseaux nichant dans les écosystèmes terrestres comme l'un des douze indicateurs de développement durable. Les oiseaux sont en effet souvent au sommet d'un réseau trophique et reflètent donc le bon fonctionnement de l'ensemble de l'écosystème. Sur les quelque 10 000 sites de mesure en France, les données recueillies entre 1970 et 2006 indiquent un déclin des oiseaux communs de 29% dans les espaces agricoles, contre 7% sur l'ensemble du

Point de vue sur l'ingénierie écologique

« Que la société s'approprie les priorités relatives à la protection et à la valorisation de la biodiversité ne va pas sans difficultés ni confusions. La montée en puissance des questions environnementales produit des hypothèses de recherche prometteuses. Le risque existe que ces hypothèses, étayées par des résultats fragmentaires, passent directement à des actions en matière de politique économique ou d'aménagement du territoire, sans être suffisamment validées. Les chercheurs sont en effet aujourd'hui abondamment sollicités pour fournir des solutions techniques « clés en mains ». Or, les écologues, longtemps considérés comme de doux rêveurs, ne sont pas forcément préparés à cette nouvelle légitimité sociale ! Ainsi, un risque de confusion existe entre le métier du chercheur qui est de « savoir si » et la volonté du politique ou du militant qui souhaite que la recherche « montre que... ». Par ailleurs, l'histoire des sciences fait que l'économie, l'agronomie ou l'écologie diffèrent par leurs bases conceptuelles, leur vocabulaire, leurs priorités, ce qui freine les complémentarités. L'ingénierie écologique combine les connaissances et savoir-faire pour gérer les milieux et concevoir des aménagements durables. C'est un métier différent de celui de l'écologue même si les deux doivent travailler en étroite collaboration. Sous réserve d'être clairement identifiées, ces difficultés sont constructives car elles obligent à approfondir les concepts et à valider des hypothèses sur le terrain. De fait, la nature des questions posées par la biodiversité et les échelles spatio-temporelles concernées exigent un renouveau de la méthode expérimentale : des dispositifs expérimentaux multicritères aux indicateurs fiables, en passant par l'éco-informatique et la modélisation des systèmes complexes et fluctuants. L'avancée méthodologique de la recherche sur la biodiversité est un vaste chantier ! »

Laurent Lapchin, directeur scientifique adjoint Environnement - Ecosystèmes cultivés et naturels de l'Inra

territoire. Ce type d'indicateur met au jour la tendance lourde de modification de biodiversité à l'échelle des territoires agricoles. L'impact de l'évolution des pratiques d'exploitation du milieu (traitements pesticides, labour, coupe forestière…) sur la biodiversité peut cependant être diversement jugé selon que ces pratiques ont un effet plus ou moins fort sur l'indicateur choisi (ver de terre, carabe, outarde canepetière…) ; ce qui peut être positif pour une espèce, peut être négatif pour une autre.
Un projet européen de recherche « Greenveins » (2001-2004) auquel a contribué l'Inra, a cherché des indicateurs corrélant la richesse en espèces (groupes taxonomiques et méta-populations) et les caractéristiques du paysage. L'étude, réalisée dans 25 sites répartis sur 7 pays européens, a validé des indicateurs de comparaisons interrégionales à l'échelle du continent.

MOINEAU FRIQUET.
On constate un fort déclin des oiseaux des milieux agricoles (de l'ordre de 29% depuis 1989)



D'une conception patrimoniale à une conception utilitariste…

Une deuxième problématique tient au fait que la bannière « biodiversité » rassemble des mouvements et organisations dont les logiques peuvent être divergentes. Visant la conservation de la biodiversité, la logique environnementaliste vise à recenser les espèces et à créer des espaces de nature protégés (parcs). Cette approche patrimoniale se double souvent d'une éthique fondée sur la préservation de toutes les formes de vie, pouvant rejoindre alors une logique culturelle, voire indigéniste, de la biodiversité.
Les agriculteurs et agronomes, eux, ont valorisé une vision utilitariste, en gestionnaire de la diversité génétique des espaces agricoles, tant pour améliorer les espèces végétales cultivées ou animales domestiquées que pour limiter les espèces concurrentes ou prédatrices.
A ces optiques s'est ajoutée récemment une approche fonctionnelle intégrant également des motivations économiques. Les chercheurs s'accordent en effet dans leur ensemble sur le constat que l'impact des espèces sur le fonctionnement des écosystèmes dépend plus des fonctions que ces espèces remplissent, que de leur nombre en tant que tel. Cette notion de « services rendus par la biodiversité » a été promue par le *Millenium Ecosystem Assessment*, exercice international d'évaluation et de prospective centré sur l'environnement (ONU, 2001-2005, voir dossier Inra magazine n°5). Ces services nombreux sont directs ou indirects. La biodiversité contribue ainsi à la production alimentaire et de médicaments, à la pollinisation, à l'épuration des eaux, à la fertilité des sols, au contrôle des ravageurs, mais aussi au maintien de la diversité des paysages, au développement d'activités touristiques.

…appliquées à l'agriculture

Appliquées à l'agriculture, ces logiques se traduisent en stratégies de développement agricole divergentes : spécialisation des territoires en vue d'en dédier certains à la conservation de la biodiversité, tandis que les autres seraient dévolus à la production, même de manière intensive et préjudiciable à la biodiversité ; ou protection de la biodiversité au sein de tous les espaces agricoles grâce à des pratiques qui la préservent ; ou, en allant plus loin, valorisation des services rendus par la biodiversité dans les processus de production au bénéfice partagé de l'agriculture et de la biodiversité.

UNE NOUVELLE FONDATION POUR LA RECHERCHE SUR LA BIODIVERSITÉ

INTERVIEW

Issue des engagements du Grenelle de l'Environnement, la Fondation française pour la recherche sur la biodiversité (FRB) a vu le jour en mars dernier. Elle reprend les missions de l'Institut français de la biodiversité (IFB) et du Bureau des ressources génétiques (BRG).
Interview de Xavier Le Roux, son directeur qui est également directeur de recherche à l'Inra et a coordonné l'expertise « Agriculture et biodiversité ».

Quelles sont les missions de la nouvelle Fondation ?
Xavier Le Roux : Elle veut renforcer la problématique de la biodiversité au sein de la recherche française et coordonner l'ensemble des activités nationales de recherche, d'expertise, d'animation de réseaux, de communication et d'éducation dans le domaine de la biodiversité. Elle a aussi pour mandat de promouvoir les recherches françaises en Europe et à l'international.

Comment faire le lien entre recherche et applications concrètes ?
X. L-R. : Il s'agit en effet de faire de la Fondation une plateforme de dialogue entre les différents acteurs. Son Conseil d'orientation stratégique est ainsi constitué de 40 représentants des associations, collectivités, entreprises, etc. Nous voulons promouvoir un champ de recherche performant académiquement et dont les prospectives et les activités soient clairement positionnées vis-à-vis des demandes sociales.

De quels moyens humains et financiers disposez-vous ?
X. L-R. : Actuellement, 20 personnes travaillent pour la Fondation. Elle est financée par le CNRS, le Museum national d'Histoire naturelle, l'Inra, l'Ifremer, le Cemagref, le Cirad, l'IRD, l'Inserm et des ministères. Son budget initial de 2,7 M€ qui pourra être renforcé par du mécénat, devra augmenter vu le mandat ambitieux confié à la Fondation.

Fonctionnerez-vous par appels d'offres de recherche ?
X. L-R. : Pas seulement. La force de coordination de la Fondation réside dans la cohérence entre bailleurs et opérateurs nationaux, européens ou internationaux. La Fondation coordonne ainsi le réseau de recherche (Era-net) Biodiversa qui réunit 19 agences de financement européennes et vient de lancer un appel à propositions de 21 M€ sur la biodiversité.



2 Agro-écosystèmes

Impacts et synergies entre l'agriculture et la biodiversité

La biodiversité et l'agriculture sont étroitement interdépendantes. Connaître leurs relations peut jouer un rôle central dans la conception de nouvelles manières de gérer durablement les écosystèmes agricoles en renouvelant l'approche traditionnelle de l'agronomie et en dépassant la frontière historique qui l'a séparée de la recherche en écologie.

En France, les zones agricoles représentent 60% du territoire. Historiquement, l'agriculture a eu un effet positif sur la biodiversité en créant des espaces ouverts, qu'ils soient cultivés ou pâturés, abritant une grande diversité d'organismes vivants. Bénéficiant de cette diversité, l'agriculture parallèlement, a aussi toujours cherché à la contrôler en réduisant les populations qui endommagent ou concurrencent ses productions.

Impacts de l'intensification agricole...

Cette stratégie est devenue hautement efficace et donc préjudiciable à la biodiversité avec l'intensification des modes de production agricole. La généralisation de la fertilisation, du drainage, des traitements pesticides ont ainsi fortement « privilégié » les espèces les mieux adaptées. S'ajoutent des effets indirects, liés notamment à la raréfaction des ressources alimentaires : l'efficacité des herbicides prive par exemple les oiseaux de graines en hiver.

A l'inverse, les pratiques de gestion extensive des espaces agricoles sont favorables à la biodiversité car les perturbations modérées des écosystèmes ont, dans une large gamme de situations, des effets positifs sur la richesse en espèces. La présence de prairies permanentes abritant une forte biodiversité fournit par ailleurs aux espèces qui fréquentent les parcelles cultivées, des ressources alimentaires complémentaires, des sites de repos, de reproduction ou d'hivernage.

...et d'une simplification du paysage

L'autre grande tendance des 50 dernières années a été la simplification des paysages avec la spécialisation des cultures par bassin de production, l'arasement des haies... « *C'est un acquis de l'expertise que de montrer que la diversité des paysages est un aspect aussi important pour la biodiversité que l'intensification des pratiques agricoles* » remarque Xavier Le Roux. Selon les scientifiques, la biodiversité des territoires agricoles apparaît très dépendante des espaces « semi-naturels » que sont les haies, buissons, marécages, bords de champs enherbés. Ce constat devrait motiver la préservation des paysages traditionnels de bocages. Il explique aussi que les « bandes enherbées » soient une conditionnalité agri-environnementale dans la Politique agricole commune. Pour autant, leur proportion dans la surface agricole (3% en France, 7,5% en Suisse sur des références différentes) auront un impact et un intérêt variables selon les espèces.

L'effet de la simplification du paysage vaut également pour l'abandon prolongé des terres agricoles, néfaste à la biodiversité. Argument qui joue en faveur du maintien de l'agriculture en zones de moyenne montagne du sud et du centre de la France, touchées par la déprise agricole.
L'expertise souligne par ailleurs que les « espaces semi-naturels » dispersés et nombreux favorisent au moins autant si ce n'est davantage la biodiversité que les connexions entre territoires. Ainsi une « trame verte » réduite à de minces corridors serait peu efficace.
Par ailleurs, l'intensification des pratiques et la simplification des paysages modulent mutuellement leur impact sur la biodiversité : dans un paysage homogène, les effets négatifs de l'intensification s'expriment plus fortement que lorsque le paysage est complexe. Dans une certaine mesure, une « compensation » intervient. Mais on sait peu de choses de ce phénomène : amplitude de la résilience, seuil d'irréversibilité au-delà desquels la reconstitution des communautés locales n'est plus possible.
Enfin, l'échelle territoriale joue différemment selon les espèces. Les pratiques agricoles dans la parcelle sont déterminantes pour la faune peu mobile et les végétaux tandis que pour les coléoptères, papillons ou oiseaux, la structure du paysage joue en revanche un rôle majeur, jusqu'à masquer celui des pratiques culturales.

Services écologiques

Dans l'agriculture moderne, les travaux culturaux et intrants chimiques se sont substitués aux services écologiques : les engrais remplacent la décomposition de matières organiques, les pesticides la régulation entre populations de ravageurs et d'auxiliaires, le labour ameublit la terre à la place de l'activité de la faune des sols.
L'expertise collective « Agriculture et biodiversité » établit une classification de ces services écologiques rendus à l'agriculture en adaptant celle du *Millenium Ecosystem Assessment*. Une première catégorie de services fournit des « ressources » à l'agriculture. Par exemple, l'abondance de microorganismes dans les sols contribue à la fertilité et à la stabilité des sols, l'abondance et la diversité d'insectes entomophiles favorisent la pollinisation des plantes, de même qu'une diversité de prédateurs et parasites permet de mieux réguler les ravageurs.
Une deuxième catégorie de services influe plus directement sur la qualité et la quantité de la production agricole. Plusieurs études menées notamment par l'Inra à Clermont-Ferrand montrent par exemple que la diversité des espèces prairiales influence la digestibilité des fourrages, la production laitière et les qualités des fromages qui en sont issus. De même la présence de légumineuses augmente le rendement des prairies grâce à leur activité symbiotique (fixation d'azote).
La dernière catégorie de services correspond aux bénéfices « hors production ». L'activité des champignons et bactéries du sol influe sur l'évolution de la matière organique et donc par exemple sur le cycle du carbone (piégeage dans le sol et dans la biomasse) et sur les émissions de gaz à effet de serre. La biodiversité favorise également la valeur patrimoniale et esthétique d'un territoire.

Observer et expérimenter

Comment évaluer le rôle de la biodiversité dans ces services écologiques ? Les études actuelles reposent le plus souvent sur des démarches expérimentales consistant à construire des systèmes dont on fait varier la biodiversité, par exemple des prairies où l'on augmente le nombre d'espèces ou des champs dans lesquels on « piège » les pollinisateurs.
On peut reprocher à cette approche académique de ne pas reproduire fidèlement les dynamiques des écosystèmes réels : par exemple les communautés étudiées dans les essais prairiaux sont presque toujours constituées d'assemblages aléatoires d'espèces, ce qui ne reflète ni les conditions réelles d'une prairie naturelle, ni des situations agronomiques. D'autre part, ces études expérimentales n'examinent pas les impacts de gestion (fertilisation, fauche, pâturage) pour les prairies, gestion qui peut fortement modifier ou masquer les effets bénéfiques de la biodiversité.
Malgré ces restrictions, ces travaux ont montré que le principal levier pour optimiser les services écologiques passe par une gestion de la diversité « fonctionnelle » des organismes vivants, à l'instar des symbioses entre légumineuses et graminées ou des mélanges d'espèces et de variétés.
Plus proches de la réalité agronomique, des Observatoires de recherche en environnement (ORE) comme ceux de Clermont-Ferrand-Theix (prairies permanentes) ou de Lusignan (prairies temporaires) ont commencé par mesurer la biodiversité initiale : insectes, vers de terre, acariens, microorganismes… et depuis 2005, étudient ses variations selon différents types de gestion agricole. L'analyse porte sur une longue durée. Le projet Microger (2005-2008, programme fédérateur pour le pilotage des écosystèmes cultivés, en partenariat avec le CNRS, le Cemagref, l'Ademe, l'IRD) étudie, lui aussi, *in*

BOSQUETS ET HAIES participent à la biodiversité des paysages agricoles.


© Jean-René Savini



PUPE de Syrphe, diptère dont l'adulte ressemble à une petite guêpe et contribue à la pollinisation.

situ, à Epoisses (Bourgogne) le rôle des microorganismes du sol : leurs structure et diversité, les espèces clés (bactéries, champignons) en relation avec les cycles du carbone et de l'azote et la disponibilité des minéraux, afin de dégager les « groupes fonctionnels » c'est-à-dire ceux interférant avec les quantités et qualités des cultures. D'après les connaissances actuelles, les bénéfices de la biodiversité sont nets surtout pour les services comme la pollinisation et la lutte contre les ravageurs. Pour les cultures entomophiles et/ou sensibles aux ravageurs, telles que certaines grandes cultures, les vergers, vignes, ou fourrages, la biodiversité peut diminuer le coût des intrants (pesticides et fertilisants) et fournir, par le jeu de l'évolution des populations, des solutions renouvelées lorsque les pathogènes deviennent résistants aux pesticides disponibles.
L'apport de la biodiversité peut sembler plus faible en ce qui concerne la stabilité du sol, sa fertilité ou la disponibilité en eau car les itinéraires

Valoriser la biodiversité domestique

A la biodiversité contenue dans la nature « sauvage ordinaire », s'ajoute la diversité « domestique » née des activités de sélection. Depuis des milliers d'années, les paysans puis les agronomes ont créé de nombreuses variétés végétales ou races animales. L'agriculture est ainsi, par essence, une modification (et une valorisation) de la biodiversité. Cette sélection poussée à l'extrême aujourd'hui a toutefois réduit drastiquement la diversité génétique agricole à l'échelle de la planète. Des travaux menés à l'Inra de Montpellier ont par exemple quantifié la diversité génétique à différents moments de l'histoire des blés durs grâce à des approches par marqueurs moléculaires. D'autres travaux ont permis de suivre la dispersion des gènes du maïs au gré des pérégrinations des cultures.
Une des missions de l'Inra est de conserver en partenariat souvent, des collections de ressources génétiques regroupant des variétés anciennes et modernes afin de garder le potentiel de diversité génétique. L'Institut possède des collections de référence pour les principales espèces cultivées (plus de trente espèces de céréales, protéagineux, oléagineux, fruits et légumes, etc.) et les races animales domestiques (sous forme de cryobanques ou de banques de gènes).
Mais au-delà, les ressources génétiques représentent un enjeu majeur de la recherche agronomique de ces prochaines années. La sélection a visé une production maximale et régulière en cherchant à s'affranchir des contraintes et des fluctuations environnementales. Or, une conception plus large de la sélection et de la valorisation des ressources génétiques est désormais indispensable. Elle doit s'élargir à des situations qui ne sont plus optimales du seul point de vue de la production végétale, en prenant en compte les contraintes sur l'environnement et les pratiques (limitations d'impacts, restrictions d'intrants…) et en combinant d'une façon plus approfondie les caractères liés à la quantité, à la qualité et à la régularité de la production agricole avec les caractères d'adaptation à ces contraintes. Tel est l'objectif du programme européen TriticaeGenome sur les variétés de blés, initié au printemps dernier.



techniques agricoles ont des effets directs bien plus déterminants.
De fait, les perturbations générées par les pratiques agricoles sont souvent ambivalentes pour la biodiversité. Qu'il s'agisse du labour, du drainage, de la fertilisation…, des arguments favorables et défavorables à la biodiversité coexistent et varient selon l'échelle territoriale ou temporelle considérée. Par exemple, le labour maltraite les organismes vivants dans le sol : il peut tuer environ la moitié des vers de terre présents. Les techniques de semis direct préservent, elles, la faune du sol. Cependant, les techniques sans labour, motivées par un gain de temps de travail, ne favorisent pas la réduction des traitements chimiques. Elles sont surtout le fait de grandes exploitations pratiquant des assolements simplifiés. Ces conditions sont plutôt négatives pour d'autres composants de la biodiversité.

« Désintensifier »

L'agriculture biologique est actuellement le système le plus complètement codifié par un cahier des charges environnemental. Plusieurs études rapportées dans l'expertise collective montrent que le passage d'un mode de production conventionnel à l'agriculture biologique enrichit progressivement la diversité en plantes, vertébrés et arthropodes. Les scientifiques font cependant remarquer que cela est moins vrai lorsque la biodiversité a été trop érodée par l'intensification de l'agriculture ou que le paysage est très homogène. Plus largement, la « désintensification » des pratiques agricoles contribue à la biodiversité. Au titre des pratiques favorables, citons par exemple l'utilisation de variétés rustiques (résistantes aux maladies), les associations variétales, le désherbage sélectif, les techniques de semis direct (sans labour), la diversification des cultures, la lutte biologique (utilisation de prédateurs naturels pour limiter les populations de ravageurs des cultures). Les chercheurs de l'Inra ont travaillé depuis longtemps sur ces alternatives. Des expérimentations en grandes cultures sont testées depuis une quinzaine d'années pour les variétés de blé tendre. Dès sa création, l'Inra a mené des travaux en lutte biologique qui ont abouti à des applications concrètes, telles que l'utilisation des trichogrammes contre la pyrale du maïs. L'utilisation de cette petite guêpe concerne près de 3% de la culture de maïs en France.
Mais malgré des avantages environnementaux certains, bien qu'encore peu quantifiables, ces pratiques restent marginales. Les freins dépassent la faisabilité technique et tiennent à des facteurs à la fois psychologique (attrait de la technicité, aversion au risque…), économique (hausse des cours agricoles) et à l'organisation du travail. Inversement, la recherche a besoin de s'approprier les innovations mises en oeuvre de façon empirique par les agriculteurs pour préserver la biodiversité.
« *L'expertise montre que des systèmes agricoles préservant et utilisant mieux la biodiversité existent et sont souvent viables techniquement et économiquement. Il ne s'agit pas de revenir à des modes de production anciens, mais de promouvoir des modes de production innovants qui fassent plus appel aux services écologiques que peut rendre la biodiversité. L'expertise montre que ceci n'est cependant possible que si l'on pose correctement les problèmes de besoin en travail, en innovation, en accompagnement et formation des agriculteurs et surtout qu'on assure la cohérence territoriale et économique de telles actions* », résume Xavier le Roux.

Populations de vers de terre selon trois systèmes de culture

Les vers de terre jouent un rôle important dans l'évolution de la matière organique et de la structure du sol. L'impact des systèmes de culture 'alternatifs' sur la biodiversité, et notamment sur les vers de terre, reste mal connu et/ou discuté. La densité, la biomasse et la diversité des populations de vers de terre ont été estimées une fois par an pendant trois années consécutives, dans l'essai expérimental de La Cage (Grignon) selon trois systèmes de culture : intensif, agriculture biologique et système sous couvert végétal (absence de labour et permanence d'une plante de couverture). Les résultats montrent que les différents systèmes influencent principalement la composition en groupes de vers ayant des fonctions différentes, ainsi que la taille des individus et leur diversité. Le système sous couvert végétal abrite des vers de plus grande taille et une diversité plus importante que les deux autres systèmes. Leurs plus grandes tailles est à mettre en parallèle avec l'absence de labour et le couvert végétal permanent, source de nourriture abondante.
Dans les deux autres systèmes, qui ne présentent pas de différences malgré les pesticides appliqués dans le système conventionnel, la densité est équivalente à celle du système sous couvert végétal mais les vers y sont de petites tailles. Ceux-ci ont été favorisés par une augmentation de la disponibilité en nourriture suite à l'enfouissement des résidus de culture par le travail du sol.
Le travail du sol et la matière organique de surface semblent les facteurs les plus importants pour les lombriciens, alors que le niveau d'emploi des pesticides n'apparaît pas déterminant dans cet essai.

Céline Pelosi et Michel Bertrand,
Unité mixte de recherche Agronomie, Grignon.

3 Socioéconomie

Approcher la valeur de la biodiversité

L'effort de protection de la biodiversité renvoie à la question de sa valeur. Sur le plan juridique et économique, la « valeur de la biodiversité » est un concept difficile à appréhender et à traduire en mesures concrètes. Cela ne doit pas pour autant réduire sa place dans la hiérarchie des valeurs à protéger par le droit.

Il y a aujourd'hui consensus sur la nécessité de préserver la biodiversité, menacée par le développement des activités humaines - urbanisation, aménagement, intensification de l'agriculture et de garantir les capacités d'adaptation de nos sociétés à des changements, comme le réchauffement climatique, par exemple. Toutefois le débat est vif entre les politiques, associations, milieux professionnels : que doit-on conserver ? Comment mesurer la perte de biodiversité ? Selon quelles modalités gérer la biodiversité ?

« *Lorsqu'il s'agit de la traduire en règles de droit, la protection de la biodiversité relève du défi du fait de sa nature globale, écosystémique, prenant en compte des échelles spatiales et temporelles très diverses et alors même que les écosystèmes varient dans le temps* » remarquent les membres de l'expertise « Agriculture et biodiversité ». De façon générale, la non reconnaissance d'un statut juridique spécifique aux ressources naturelles pénalise le droit de l'environnement dans l'ensemble du champ normatif.

Statut juridique flou

L'expertise montre que les travaux juridiques appréhendent la biodiversité à travers ses éléments constitutifs : milieux, espèces… ce qui conduit à des règles juridiques cloisonnées. Ces règles sont plus ou moins effectives selon la place qu'on leur accorde dans la hiérarchie des intérêts protégés par le droit (la propriété privée, les brevets sur le vivant…). Pour les activités agricoles s'ajoute le fait que les atteintes à la biodiversité sont souvent dues à des pollutions diffuses dont les sources d'émission sont difficiles à identifier et à distinguer les unes des autres. Récent, le droit de l'environnement en agriculture s'est parfois traduit par des programmes incitatifs allant à l'encontre de principes juridiques généraux comme le principe de prévention et le principe pollueur payeur.

Natura 2000

Le dispositif Natura 2000 est un dispositif spécifiquement dédié à la préservation de la biodiversité. Lancé en 1992 par la Commission européenne, il constitue un réseau territorial d'habitats naturels d'espèces représentatives



INFRASTRUCTURES TGV : quelle compensation pour la biodiversité ?

© Inra / Christophe Maître

de la faune et la flore sauvages en Europe. Les aires Natura 2000 couvrent aujourd'hui 12,4% du territoire français et 20% de l'Europe des 15. Les sites sont gérés de manière subsidiaire et décentralisée par les collectivités territoriales, associations, agriculteurs, entreprises… La France a privilégié des instruments d'action contractuels (option différente dans d'autres pays membres) ne donnant donc d'obligation qu'aux contractants volontaires, sur une durée définie. Une équipe de sociologues d'Ivry a publié une analyse de sa mise en œuvre en France. Elle souligne la diversité des arrangements institutionnels locaux, mais aussi les nombreux conflits qu'ils ont suscités. « *Manifestement, les procédures de gestion et de négociation ne peuvent suffire à résoudre les conflits lorsqu'ils renvoient à des conceptions qui s'affirment par trop divergentes* ». Les controverses viennent en particulier du fait que les conséquences qui peuvent résulter de telle ou telle intervention dans un milieu sont imprévisibles et que les politiques procèdent par arbitrages entre différents aspects de la biodiversité sans pouvoir s'appuyer sur des certitudes scientifiques. Certains acteurs contestent alors l'intérêt des mesures prises : la préservation d'une espèce emblématique conduit-elle réellement à une augmentation de la diversité ? S'ajoutent des conflits d'usage de l'espace : élevage de moutons « contre » ours ou loup. Ces conflits opposent les scientifiques entre eux, les scientifiques aux chasseurs et aux protecteurs de la nature, ces derniers aux chasseurs et aux forestiers, etc. Rares sont les exemples comme le Plan local d'aménagement concerté du Méjan (Lozère) où l'intérêt des éleveurs de se préparer à la baisse des aides agricoles a convergé avec la volonté de préserver le paysage ouvert du Causse nu. Cette concertation a impliqué l'Inra (Montpellier).

Réparer les dommages

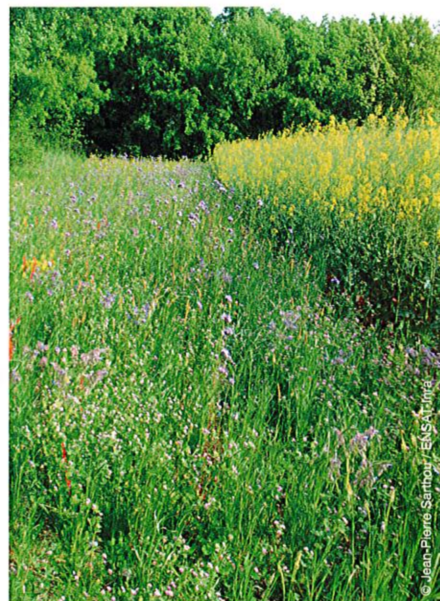
Une autre approche centrée sur la valeur des écosystèmes prend de l'importance actuellement. Les économistes se sont intéressés à quantifier les coûts associés à la destruction de la biodiversité et les bénéfices liés à sa préservation. Le procès qui a fait suite à la marée noire causée par l'Erika repose ainsi sur l'estimation du préjudice subi par les collectivités territoriales et les professionnels de la mer ou du tourisme côtier. C'est l'exercice auquel s'est également attaché le *Millenium Ecosystem Assessment* à partir de la description des services rendus par les grands écosystèmes planétaires.
Définir une valeur à la biodiversité est compliqué. « *Elle s'inscrit dans une logique utilitariste qui ne se réduit pas à un calcul de court terme puisque ce calcul reconnaît une utilité pour les générations futures. Mais il est tributaire de la possibilité de démontrer l'utilité de ces services et des arbitrages entre différentes utilités, notamment lorsqu'il y a concurrence entre production et biodiversité* » expliquent les experts. Concrètement, le régime de responsabilité environnementale, prévu par la Directive 2004/35/CE et transposé en droit français en 2008, permet d'obliger l'auteur d'un dommage à la biodiversité à le réparer. Cette directive prend en compte les atteintes affectant « *les fonctions assurées par une ressource naturelle au bénéfice d'une autre ressource ou du public* ». On peut aussi réparer par anticipation les atteintes à la biodiversité. On parle alors de mécanismes de compensation. Ceux-ci obligent le porteur d'un projet causant un dommage à l'environnement, à compenser cette dégradation par la création et la gestion d'un espace naturel équivalent.

La compensation

Bien qu'inscrite dans la loi depuis 1976, la compensation n'a pas été réellement mise en œuvre en France, sauf dans le cadre du réseau Natura 2000. Le mécanisme permet d'intégrer dans les décisions publiques et privées, le coût associé à la dégradation de la biodiversité, *via* son remplacement. Dans la suite du Grenelle de l'environnement, une filiale de la Caisse des dépôts et consignations (Caisse des dépôts et consignations Biodiversité) a été fondée sur ce principe. Elle a vocation à mutualiser les actions de gestion, de réduction et de compensation des impacts écologiques liés à des projets d'infrastructures. La compensation repose sur le principe de l'équivalence écologique. Elle se traduit par la gestion écologique de terrains qui génèrent des « unités de biodiversité » pouvant être vendues à des maîtres d'ouvrage d'infrastructures. « *Ainsi nous réparons et par le coût de*

Impacts des mesures agri-environnementales

On connaît paradoxalement peu l'impact environnemental des mesures agri-environnementales. Des études dans divers Etats membres et en Suisse montrent que les résultats sont mitigés. Ainsi, sur les 59 études recensées dans le cadre de cette expertise, 31 concluent à un impact positif des mesures sur la biodiversité mais presque autant (28) aboutissent à la conclusion qu'il n'y a pas d'effet ou des effets mixtes.
Ce constat soulève la question de l'adéquation entre les objectifs des mesures et les cahiers de charges censés les réaliser et celle de la mise en oeuvre effective des cahiers des charges. La première question renvoie à un défaut de connaissances scientifiques quant aux processus biologiques que le régulateur public souhaite inverser ou, au contraire, favoriser. Mais la mauvaise adaptation du cahier des charges à l'objectif visé peut aussi résulter de dynamiques biologiques, économiques ou sociales non ou mal anticipées. Par ailleurs, l'efficacité des mesures peut être limitée par une durée trop courte des contrats relativement au temps long de réponse des systèmes écologiques, ainsi que par des surfaces mobilisées trop faibles et/ou trop dispersées.


© Jean-Pierre Sarthou / ENSAT-Inra



BANDES ENHERBÉES dans un paysage agricole en période de labour.

réparation, nous espérons donner un coût à la destruction », explique Laurent Piermont, fondateur de CDC Biodiversité qui intervenait au colloque de restitution de l'expertise.
Cette mesure peut cependant apparaître comme un palliatif discutable. La destruction ne peut jamais être remplacée à l'identique. De plus « *il ne faudrait pas que le développement de la compensation soit une excuse pour justifier la destruction* », remarque Laurent Piermont.

Valeur économique totale

D'un point de vue théorique, les économistes cherchent à évaluer la « valeur économique de la biodiversité ». Cette valeur se décompose en valeur d'usage et de « non usage ». L'usage peut être direct (production agricole, cadre touristique…) ou indirect (fonction écologique, pollinisation…). On peut y intégrer une « valeur d'option » accordée au titre d'un usage potentiel futur. La valeur de « non-usage » traduit l'héritage au bénéfice des générations futures et le prix associé à la biodiversité au titre de la justice ou de la morale. Cette description théorique a le mérite de montrer combien il est complexe de définir un prix pour la préservation de la biodiversité.
De fait, les travaux engagés évaluent seulement certaines composantes et par des biais, comme « le prix que l'on serait prêt à payer pour… ». Par exemple, le laboratoire d'Economie forestière de l'Inra, à Nancy, a évalué en 2002 le consentement à payer pour la biodiversité des forêts, à travers une enquête co-financée par l'Office statistique des communautés européennes Eurostat, auprès de 2000 ménages usagers de la forêt ou non. Les Français seraient ainsi prêts à payer annuellement 15 euros par ménage (soit 362 millions d'euros par an) pour éviter que disparaissent les espèces animales ou végétales actuellement menacées (2% des espèces de vertébrés risquent par exemple de disparaître). Une étude du laboratoire montpelliérain d'économie théorique et appliquée (UMR Lameta - université, CNRS, Inra, SupAgro) a montré que les résidents des Baux de Provence seraient prêts à payer une moyenne de 18 €/an pour restaurer la biodiversité des anciens marais, voire plus si cela permettait de contrôler les moustiques. Autre exemple, dans le cadre du projet européen Alarm, le laboratoire Pollinisation et écologie des abeilles (Inra, Avignon) a établi que 35% du volume de la production alimentaire mondiale résulte de cultures dépendantes de l'activité pollinisatrice des insectes (principalement les abeilles). En collaboration avec des économistes (CNRS, Lameta), l'équipe a récemment estimé la valeur économique de la pollinisation pour les 100 principales cultures destinées à l'alimentation humaine mondiale (données FAO). Un déclin complet des pollinisateurs engendrerait des pertes de bien-être social mondial variant entre 190 à 310 milliards d'euros annuels, ce qui représente entre 0,7 et 1,2% du PIB mondial. Dans un contexte de déclin des pollinisateurs, cette évaluation souligne la vulnérabilité des cultures et le rôle essentiel de ce service écologique. Ces résultats ont été publiés dans la revue *Ecological Economics* (août 2008).
Certains courants de pensée récusent cependant cette manière de traduire en monnaie la valeur sociale de la biodiversité car cela l'inscrit dans des mécanismes marchands.

Défi pour la recherche

Dans sa conclusion, l'expertise met en relief que pour mieux intégrer biodiversité et agriculture, des convergences entre les communautés scientifiques relevant de l'écologie, de l'agronomie, du droit, de l'économie, de la sociologie sont nécessaires. Chaque discipline aborde la question avec des objectifs, des regards et des méthodes souvent distincts. En écologie, la mise en évidence des « services rendus par la biodiversité » fait l'objet d'une démonstration acadé-


© Inra / Serge Carré

« Une étude estime la valeur économique de la pollinisation à 9,5 % de la valeur de la production alimentaire mondiale »

Ecological Economics (08/08)

mique, généralement conçue sans lien direct avec les pratiques agricoles à la parcelle ou les structures des paysages. Ce n'est que récemment qu'est apparue la nécessité d'un élargissement de la perspective en passant de l'agrosystème au socio-écosystème (*'socio-ecological system'*). Les sciences agronomiques longtemps focalisées sur la compréhension des flux de matière et d'énergie, n'intègrent que depuis peu les interactions biotiques, dans la mesure où les phytosanitaires permettaient / devaient permettre de s'affranchir des contraintes biotiques (ravageurs, adventices…). Les sciences sociales, enfin, envisagent les rapports entre biodiversité et agriculture sous l'angle de leurs valeurs économiques, juridiques, sociales et politiques et cherchent à expliciter comment ces valeurs peuvent être prises en compte dans les comportements individuels des acteurs et dans les politiques publiques.

Ce morcellement des approches disciplinaires explique la difficulté à agréger des connaissances pertinentes sur le sujet. Toutefois, la bibliographie récente montre des évolutions positives. De nouvelles hypothèses de recherche émergent de cette confrontation disciplinaire. Celle-ci interroge également les méthodes et outils scientifiques à notre disposition. Comment modéliser des systèmes complexes et fluctuants ? Quelle approche expérimentale avoir pour des processus complexes parfois incompatibles avec la démarche expérimentale traditionnelle ?

Le défi pour la recherche est double, une reformulation de questions et l'acquisition de compétences pour faire progresser notre connaissance des relations entre agriculture et biodiversité et, *in fine*, évaluer les points de blocage entre objectifs de production et objectifs de préservation de la biodiversité. ●

+d'infos

références :

Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, Inra (France). X. Le Roux, R. Barbault, J. Baudry, F. Burel, I. Doussan, E. Garnier, F. Herzog, S. Lavorel, R. Lifran, J. Roger-Estrade, J.P. Sarthou, M. Trommetter (éditeurs), 2008.

Ce document de synthèse ainsi que le rapport complet d'expertise seront disponibles sur le site Inra. **www.inra.fr**

La biodiversité au quotidien, Christian Lévêque (IRD), Editions Quae, 2008.

Biodiversité, un nouveau regard, B. Chevassus-au-Louis, Leçon inaugurale, éditée par le groupe Esa, Angers, 2007.

Should nature be respected? [Faut-il respecter la nature ?], Larrère R., Larrère C., Social Science Information, vol. 46, n° 3, pp 9-34, 2007.

Administrer la nature, Selmi A., Coll. Natures Sociales. Ed. Quae, Paris, 384 p., 2006.

La construction du réseau Natura 2000 en France, Pinton F. (éd.), Alphandery P., Billaud J.P., Deverre C., Fortier A., Géniaux, G., La Documentation française, Coll. L'environnement en question, Paris, 254 p., 2007.

Biodiversité et changements globaux : enjeux de société et défis pour la recherche, Barbault R. (dir.), Chevassus-au-Louis B. (dir.), Teyssèdre A. (coord.).Ed. ADPF / ministère des Affaires étrangères, Paris, 244 p., 2005.

web :

- Site de l'Inra : dossier scientifique **www.inra.fr/la_science_et_vous/dossiers_scientifiques/biodiversite/**
- Fondation française pour la Recherche sur la Biodiversité **www.gis-ifb.org**
- La Note de Veille 2008 n°89 du Centre d'analyse stratégique sur la valeur du vivant : quelle mesure pour la biodiversité ? **www.strategie.gouv.fr/article.php3?id_article=779**
- Ministère de l'écologie et du développement durable **www.ecologie.gouv.fr/-Developpement-durable-.html**
- GreenFacts : **www.greenfacts.org/fr/**
- Institut français du développement durable et des relations internationales (IDDRI) : **www.iddri.org**
- Europa. Dossiers sur « la protection de la nature et de la biodiversité » **http://europa.eu/scadplus/leg/fr/s15006.htm**
- Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) **www.iucn.org**

contacts :

Direction scientifique Ecologie, écosystèmes et milieux naturels
laurent.lapchin@paris.inra.fr

Expertise scientifique collective
claire.sabbagh@paris.inra.fr

Tapisserie « Plein champ » avec l'aimable autorisation des Editions de l'Abbaye d'En Calcat.

Le département de recherche « Environnement et agronomie » a pour objectif la gestion durable des espaces cultivés, des ressources physiques et biologiques qui en dépendent, et des services écologiques qu'ils produisent. Aux laboratoires de recherche spécifiques, il associe des moyens génériques que sont les laboratoires d'analyses, les observatoires de l'environnement ou les dispositifs d'inventaire et de gestion du milieu. Visite guidée dans les trois laboratoires d'analyses et de services pour le collectif de recherche.

un labo

À ARRAS

Le Laboratoire d'analyses des sols

Le laboratoire d'analyses des sols (LAS) à Arras traite quelque 30 000 échantillons par an de sols, boues, solutions ou déchets biologiques. Une trentaine de personnes y travaillent secondées par une dizaine d'employés temporaires. Antoine Richard, son tout nouveau directeur, nous invite à suivre le cheminement d'un échantillon de sol dans les labos.
A son arrivée, l'échantillon de sols, pesant environ 500 g, se voit attribuer un numéro grâce au logiciel de gestion LIMS (*Laboratory Information Management System*).

Un parcours anonyme

« *La confidentialité et l'impartialité sont des critères essentiels d'assurance qualité* » précise Antoine Richard, « *tout comme le soin apporté au matériel et aux méthodes pour éviter toute contamination* ». Les analyses sont, de fait, vérifiées constamment pour éviter toute erreur.

Revenons à notre échantillon. Séché, tamisé, broyé et stocké dans un flacon en verre, il commence généralement son traitement par une analyse physicochimique. « *Nous allons déterminer sa répartition granulométrique (fractions d'argiles, de limons et de sables réalisées après destruction de la matière organique), son pH, sa teneur en matière organique* », explique le directeur du laboratoire, « *données indispensables tant pour le chercheur que l'agronome afin qu'il*

1 **ANTOINE RICHARD** Directeur du LAS.

2 **RÉCEPTION** des échantillons.

3 **STOCKAGE** des échantillons anonymes.

4 **EXTRACTION** des phosphates dans le sol.

5 **DOSAGE** du carbone, de l'azote et du soufre.

sache à quel type de sol il a affaire. Ensuite, selon la demande, nos interlocuteurs vont vouloir obtenir des informations sur la qualité agronomique d'un sol : ses teneurs en azote minéral, phosphore, ainsi que les éléments minéraux disponibles pour les plantes… Ou alors pousser plus loin l'analyse chimique en nous demandant les teneurs totales des différents éléments contenus dans les sols», ajoute-t-il. L'échantillon passe alors au travers de nombreux systèmes de pesée, de distributeurs de réactifs, d'agitateurs pour effectuer les extractions, de chromatographes ou spectromètres d'absorption atomique...».

Les questions liées à l'environnement prennent désormais une place capitale dans l'analyse de sol, notamment la détection des éléments traces métalliques. Une partie des activités du LAS porte aussi sur les micropolluants organiques comme les herbicides, les dioxines, ou les retardateurs de flamme contenus dans les plastiques et matériaux de construction. Son niveau d'équipement permet au laboratoire de quantifier ces molécules à des seuils d'ultra-traces. Les ingénieurs du laboratoire participent, dans le cadre du Réseau de mesure de la qualité des sols (RMQS), à la recherche des espèces organiques contenues dans les sols français, en particulier dans la région Nord-Pas-de-Calais.

La détection des produits vétérinaires est une problématique émergente, notamment les antibiotiques présents dans les effluents d'élevage épandus sur les surfaces agricoles. Grâce à ses travaux méthodologiques, le LAS espère répondre aux besoins dans ce domaine.

De l'accréditation à l'expertise

Acquise depuis 2004, l'accréditation (COFRAC) du LAS garantit le management de la qualité (traçabilité, niveau de qualification, …), et la fiabilité des analyses. C'est un gage indispensable pour la communauté scientifique. Antoine Richard souhaiterait que cette accréditation soit plus adaptée à la recherche en acquérant une accréditation « à portée flexible », c'est-à-dire non plus attachée à une liste de méthodes précisément définies, mais à des technologies et des principes de mesure pour lesquels le laboratoire a prouvé sa compétence.

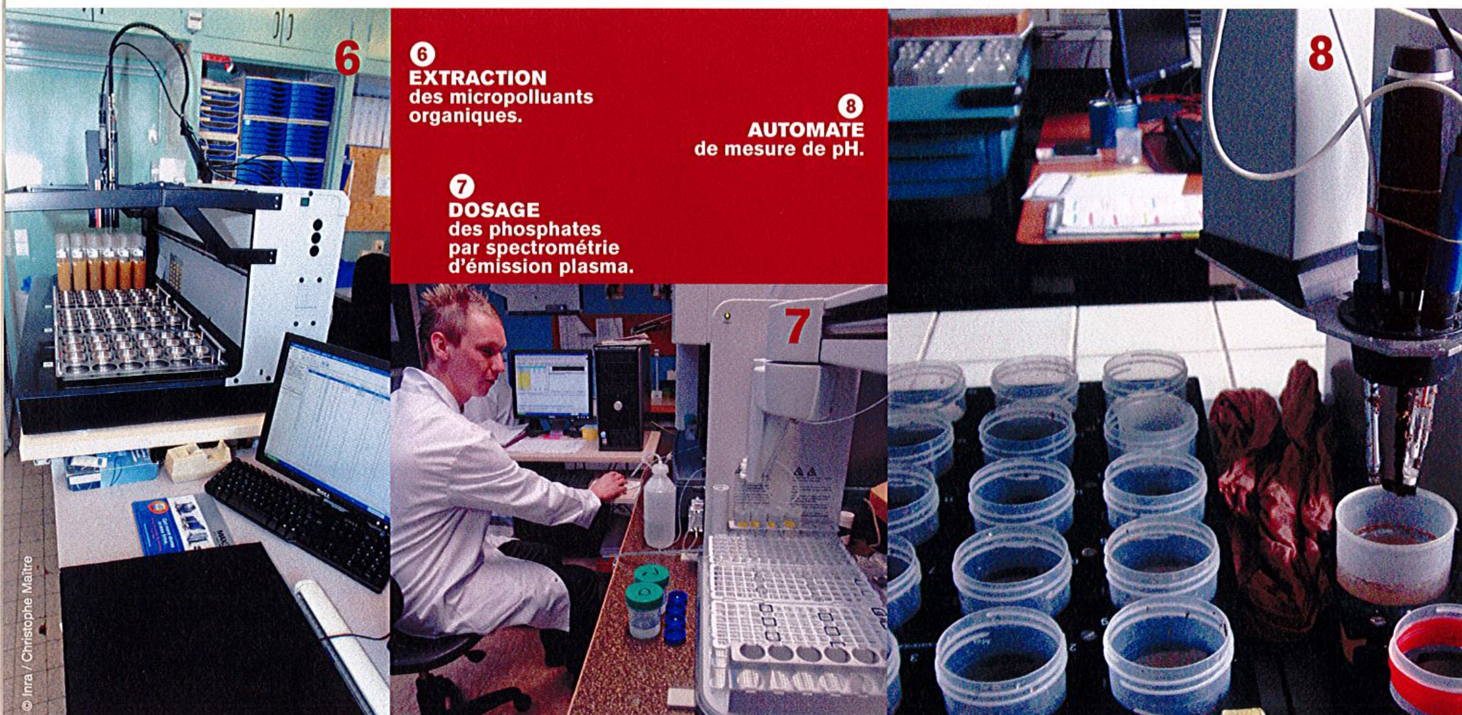
L'accréditation repose à la fois sur un matériel de haut niveau technologique, la qualification du personnel et l'offre de services adaptée aux demandes. Toujours en veille, le laboratoire participe aux commissions de normalisation nationale (AFNOR), européenne (CEN) et internationale (ISO). « *Les techniques et les méthodes évoluent régulièrement, et il est primordial que le laboratoire reste en alerte face aux évolutions en termes d'environnement et de normes. Dans ces commissions, les ingénieurs du LAS assurent un rôle d'expert, ce qui permet également de valoriser les travaux du laboratoire sous la forme de normes* », souligne Antoine Richard. Celui-ci revient d'ailleurs d'une mission d'expertise aux Antilles dans le cadre du plan d'action contre la contamination des sols par le chlordécone, pesticide ayant été utilisé dans les bananeraies par le passé.

Biosoil, un programme européen au cœur du labo

La protection des forêts européennes contre la pollution atmosphérique et les incendies passe aussi par leurs sols ! 4 500 sols forestiers d'Europe vont être analysés à Arras dans le cadre du programme Biosoil. L'objectif est de démontrer la faisabilité d'une surveillance systématique à l'échelle européenne afin de détecter les changements des écosystèmes forestiers dans le temps et l'espace. Sollicité par le ministère de l'agriculture et l'IFN (Inventaire forestier national) en 2007, le laboratoire a analysé les 2 500 échantillons de Biosoil-France. Laboratoire central pour la Commission, il analyse les 4 500 échantillons européens prélevés en 1995/96 et 2006/07 en provenance d'une vingtaine de pays. Le laboratoire Infosol à Orléans participe également au programme.

Dans le sillon de ce programme, Antoine Richard souhaite renforcer la « mission recherche » du laboratoire et accueillir à terme des chercheurs, thésards et ingénieurs afin de leur faire profiter des compétences, du matériel et des techniques d'analyse innovantes du LAS. ●

Aline Waquet
reportage photo : Christophe Maître



6 **EXTRACTION** des micropolluants organiques.

8 **AUTOMATE** de mesure de pH.

7 **DOSAGE** des phosphates par spectrométrie d'émission plasma.

un labo À ORLÉANS

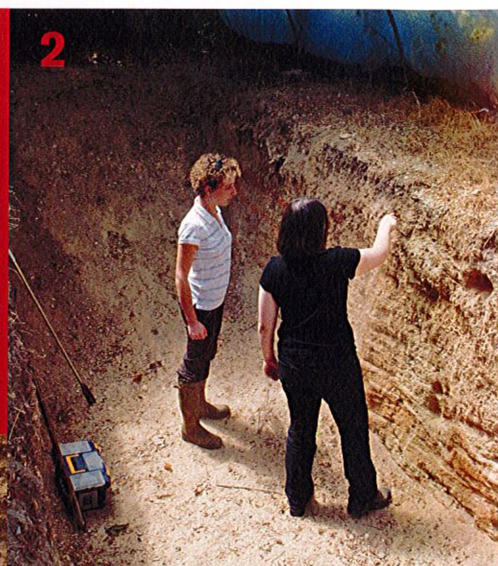
Le suivi et la mémoire des sols

A Orléans, l'unité de recherche Infosol met en œuvre l'ensemble des programmes d'inventaire et de surveillance des sols sur le territoire français pour le GIS Sol, Groupement d'intérêt scientifique créé en 2001.

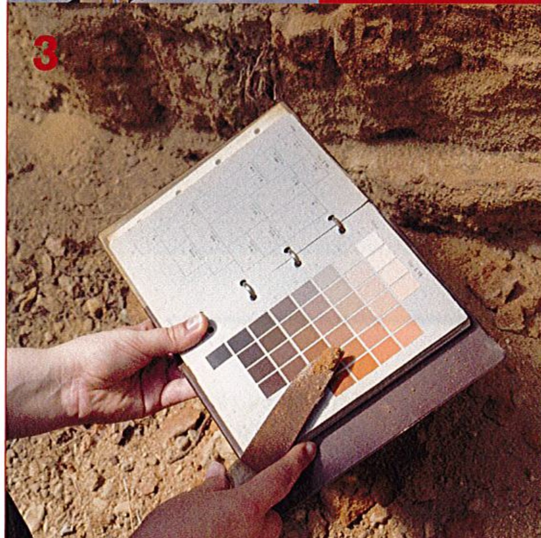
Le sol est un milieu vivant précieux mais aussi un patrimoine menacé. Support nourricier pour les végétaux, il préserve la qualité de l'eau en filtrant les polluants, recycle les composés chimiques, est source ou puits de carbone. Riche d'une grande variabilité (sols calcaires, acides, argileux….), c'est aussi un véritable réservoir pour la biodiversité : un gramme de sol abrite un milliard de micro-organismes. Sans oublier qu'il est le support des infrastructures humaines. Les principales menaces qui pèsent sur lui sont l'érosion, la baisse de la matière organique, les contaminations, le tassement, la salinisation, les glissements de terrain, l'artificialisation et l'acidification, » rappelle Dominique Arrouays, directeur de l'unité de service Infosol associant l'Inra et l'Ifen et située dans le centre Inra d'Orléans. « *Il faut donc se doter d'outils pour surveiller la dégradation des sols et contrer ces menaces, en d'autres termes constituer un système d'information sur les sols en France.* » C'est l'objectif du Groupement d'intérêt scientifique sol -GIS So l- créé en 2001. L'unité Infosol est chargée de la coordination. Véritable « bras armé » du système, l'unité Infosol mobilise 22 personnes qui opèrent sur trois fronts : l'inventaire cartographique des sols, le suivi de leur qualité, l'acquisition, la gestion et la diffusion des données.



1 DOMINIQUE ARROUAYS directeur de l'unité Infosol.



2 LA FOSSE PÉDOLOGIQUE pour l'étude du profil des sols.



3 CHARTE de couleurs.

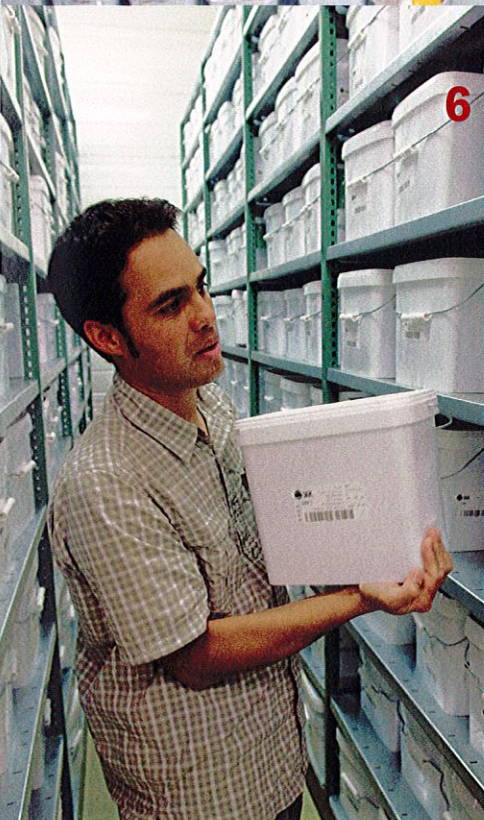
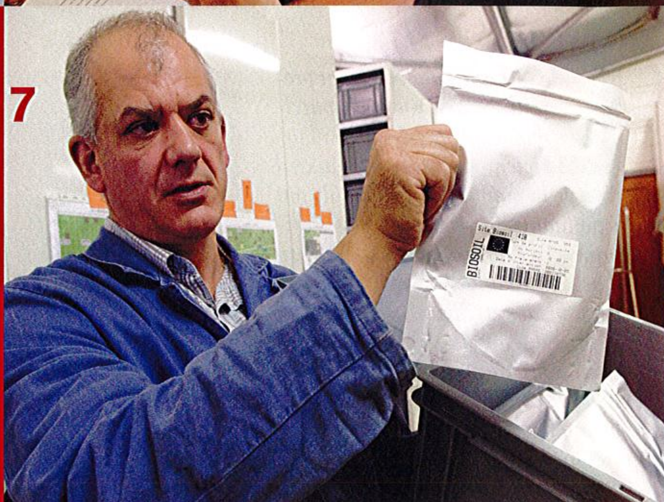


4 PHILIPPE BERCHET prépare les échantillons.

Une cartographie complète des sols pour 2012

Infosol pilote deux grands programmes complémentaires : le programme d'Inventaire, de gestion et de conservation des sols (IGCS) et le Réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS). Les relevés de terrain sont faits en partenariat avec des chambres d'agriculture, établissements d'enseignement supérieur, bureaux d'études, associations locales. Ils respectent un cahier des charges commun. « *L'objectif du programme IGCS est d'obtenir d'ici à 2012 une couverture spatiale exhaustive et un référencement des sols. Nous caractérisons aussi leurs grandes propriétés à l'échelle départementale et régionale : aptitudes agricoles, vulnérabilité à l'érosion, etc.* », explique Dominique Arrouays. Un modèle informatique « Donesol » permet d'organiser les données. La qualité des données est contrôlée par José Doux (cf p. 4). Les bases de données produites sont rendues cohérentes d'une région à l'autre permetant la création d'outils cartographiques d'aide à la décision pour l'agriculture, l'environnement et l'aménagement des territoires. Les partenaires ont accès aux bases de données et y enregistrent leurs informations.



4 **SALLE DE PRÉPARATION** des échantillons.

5 **BUREAU** de cartogéostatistiques. Ici carte présentant la pollution en plomb des sols.

6 **CLAUDY JOLIVET** dans la pédothèque.

7 **SYSTÈME DE GESTION** des stocks par codes barres.

Le Conservatoire national des échantillons de sols

Rangés dans le Conservatoire national d'échantillons de sols, des seaux de terre sont archivés sur les rayons des étagères. C'est ici, dans la « pédothèque » de l'unité Infosol que se construit la mémoire des sols français à partir des échantillons prélevés sur les sites du Réseau de mesures de la qualité des sols. Sous l'égide du GIS Sol, le programme RMQS permettra d'assurer un suivi de la qualité des sols : fertilité, contamination par les métaux lourds. Ces informations fournissent des indications pour une gestion plus durable des sols.

« *La première campagne de prélèvements, lancée en 2001, s'achève cette année. On a plus de 13 000 échantillons prélevés sur les 2 200 sites du réseau selon un quadrillage systématique de 16 km x 16 km dans tout le pays* », explique Claudy Jolivet, responsable du Conservatoire. « *La terre provient de parcelles agricoles, forêts, zones industrielles ou urbaines. Ce sont nos partenaires régionaux qui effectuent les prélèvements sur le terrain. Mais il nous arrive aussi de nous rendre 'à dos de mule' dans les endroits inaccessibles comme en montagne par exemple. Chaque site est géoréférencé par GPS pour nous permettre d'effectuer de nouveaux prélèvements au même endroit dans 10 ans. On prélève plusieurs séries de 25 carottes de sol à la tarière à profondeur variable selon le sol. Les échantillons de terre sont stockés temporairement en chambre froide pour bloquer l'activité microbienne, puis séchés à 30°C. Vient ensuite l'émiettage manuel au mortier puis le tamisage. On obtient une terre fine (< 2 mm). On expédie des échantillons au laboratoire d'Arras pour les analyses physico-chimiques, à l'Inra de Dijon pour l'analyse ADN ou à l'IRD de Montpellier pour des analyses au spectromètre à infra-rouge. Toutes les mesures sont enregistrées dans la base de données Donesol. Le plus gros de l'échantillon va en pédothèque pour être conservé durablement. On pourra répondre à l'avenir à des questions qui ne se posent pas aujourd'hui. C'est le coffre-fort national des sols français !* ». Les premiers résultats cartographiques de ce travail de longue haleine ont mis en évidence, dans la région parisienne, des contaminations diffuses en plomb liées aux activités industrielles et à la circulation automobile. Les retombées y sont estimées à 6 tonnes de plomb par km². Fin 2009, tous les échantillons auront été réceptionnés. Un bilan cartographique complet de l'état des sols français est programmé pour fin 2010. ●

Patricia Léveillé

reportage photo : Christophe Maître

+d'infos

Outre l'Inra et l'Ifen, le GIS sol regroupe les ministères en charge de l'agriculture et de l'environnement et l'Ademe.

sur le web :
www.orleans.inra.fr/les_unites/us_infosol

un labo
À BORDEAUX

Une équipe accréditée en analyses végétales

Laboratoire de pointe en matière d'analyse minérale dans les végétaux, l'Unité de service et de recherche en analyses végétales et environnementales (Usrave) fait de l'assurance qualité le facteur clé de son organisation et de l'ensemble de ses activités.



« *La qualité, c'est quelque chose de génial !* » s'exclame Mireille Barbaste, l'énergique directrice de l'Usrave, au centre Inra Bordeaux-Aquitaine. « *On peut l'appliquer à tout. Cela permet de définir un cadre, des moyens de réflexion et d'anticiper* ». La démarche qualité est bien le maître mot dans l'organisation et la gestion de l'unité, qu'il s'agisse des analyses dites de routine, du management, de la validation de méthodes ou du développement de méthodes d'analyse innovantes en chimie analytique.

Spécialisée dans les plantes, l'Usrave analyse les éléments majeurs essentiels à leur croissance (azote, phosphore, potassium...), les oligoéléments (cuivre, fer...) ainsi que les éléments en traces métalliques ayant une influence directe sur l'environnement ou la santé (cadmium, plomb, chrome, mercure...). Toutes les parties du végétal (fruits, tiges, racines, feuilles, aiguilles, bois, écorce) peuvent être préparées et analysées. Cela concerne aussi bien les arbres forestiers que les fruitiers, les céréales, les herbes et les légumes. Le laboratoire propose ses prestations aux autres unités de recherche, aux structures agricoles et aux organismes institutionnels.

Pesée, séchage, broyage, homogénéisation, minéralisation, analyses instrumentales..., telles sont les étapes immuables du circuit des échantillons. Certaines tâches peuvent être rébarbatives, comme la pesée. Mais Mireille Barbaste incite ses collègues à diversifier leurs activités pour que chacun puisse prendre l'échantillon dès sa réception jusqu'à l'analyse sur les appareils de mesure. « *Les uns et les autres se forment mutuellement. Finalement, chacun fait moins de pesées.* » Les compétences des personnels sont réinvesties dans les projets de recherche de l'unité et participent ainsi à la production de l'information scienti-



1 MIREILLE BARBASTE directrice de l'Usrave.

2 SALLE DE PESÉE.

3 LA ROUE DE BOISHAUT pour homogénéiser les échantillons.

4 BROYEUR.

fique. L'activité de plateforme analytique est une grande source de sujets de recherche et développement que l'Usrave valorise à travers des publications dans des journaux scientifiques de rang A en chimie analytique.
« *Chaque personne a une mission liée à l'activité de routine de l'unité et au moins un projet, en adéquation avec ses compétences, participant à l'amélioration continue de l'unité* », détaille Mireille Barbaste. A ce titre, Thierry Prunet, responsable métrologie, représente le laboratoire pour tout ce qui concerne les validations de méthodes et statistiques métrologiques. Il a pris part à l'organisation et à l'animation d'une « école chercheurs » sur la validation des méthodes en juin dernier.

Un laboratoire de référence

« *Notre rôle de laboratoire central est d'apporter notre expérience. Nous avons dû valider toutes nos méthodes pour l'accréditation* » renchérit la jeune directrice de l'Usrave. L'accréditation accordée par le Comité français d'accréditation (Cofrac) en 2007 pour les éléments traces, étendue aux éléments majeurs et oligoéléments en 2008 résulte de cette appropriation de l'assurance qualité par le laboratoire. C'est aussi le fruit d'un travail énorme qui concerne tous les aspects du fonctionnement de l'Usrave et qui a demandé bon nombre d'adaptations matérielles dans un contexte de locaux exigus pour l'activité du laboratoire. L'Usrave est le seul laboratoire accrédité en France dans son domaine pour une gamme aussi large d'éléments.
Il n'existe pas de normes de référence pour l'analyse de végétaux. Aussi, pour assurer la justesse des résultats produits, l'Usrave a intégré des réseaux de laboratoires d'analyse français et européens reconnus (*ICP Forest, International Plant Exchange, International Analytic Group*). Il est laboratoire référent auprès de l'*Institute for reference material and methods* pour la certification d'échantillons de référence.

Des méthodes innovantes

Dans les salles équipées d'appareils « lourds », les analyses proprement dites utilisent les propriétés physicochimiques des atomes, ions et molécules à analyser.
De par ses activités de laboratoire central, l'Usrave est précurseur dans la mise en place d'outils analytiques efficaces, qu'elle peut être amenée à diffuser aux autres unités de recherche de l'Inra. Le laboratoire peut par exemple analyser de très petits échantillons (quelques milligrammes) ou des échantillons de composition complexe. Grâce à l'acquisition récente d'un spectromètre de masse (ICP-MS), l'Usrave développe des méthodes d'analyses innovantes d'éléments à des niveaux de concentration très faibles, comme par exemple les éléments du groupe platine, issus des émissions des pots d'échappement catalytiques des automobiles et préoccupation importante pour l'environnement. L'Usrave anticipe ainsi pour les chercheurs la mise à disposition d'une méthode de quantification de ces métaux dans les végétaux.
Début 2008, l'Usrave a été sollicité pour développer une base de données avec constitution d'une « végétothèque » semblable à ce qui est fait pour les sols dans le Réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS). L'objectif de ce projet sera de rechercher les liens sol-végétal pour les éléments minéraux et de dresser un inventaire de leurs teneurs dans les végétaux. Nouvelle mission pour l'Usrave, un groupe de réflexion animé par Mireille Barbaste vient de se constituer. La routine n'est pas pour demain. ●

Patricia Léveillé
reportage photo : Christophe Maître

+d'infos
www.bordeaux.inra.fr/usrave

5

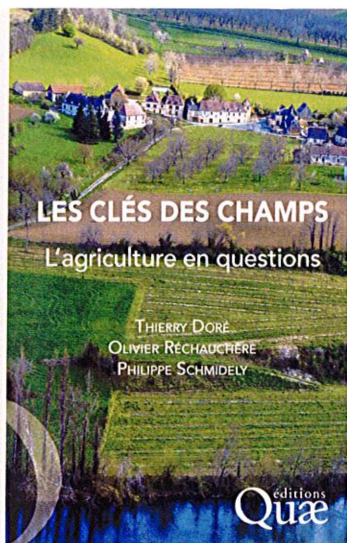
5 SALLE DE SPECTROMÉTRIE.

6

6 ÉCHANTILLONS de poudre de végétaux.

7

7 PINCEAU, stylo et broyeurs à bille soigneusement disposés sur la paillasse.



Décryptages agricoles

IMPRESSIONS

LES CLÉS DES CHAMPS - L'AGRICULTURE EN QUESTIONS
Thierry Doré, Olivier Réchauchère, Philippe Schmidely
Préface de Jacques Diouf, directeur général de la FAO
EDITION QUÆ, 2008, 192 PAGES, 13 €.

Avec notamment la flambée des prix des denrées alimentaires et les émeutes de la faim qui surgissent ici et là sur la planète, l'agriculture est redevenue l'affaire de tous. Trois agronomes, Thierry Doré, Olivier Réchauchère et Philippe Schmidely proposent « à ceux dont ce n'est pas la spécialité » des éléments de compréhension de l'agriculture et comment se présentent les défis qu'elle doit relever.

Vous souhaitez que cet ouvrage contribue à une meilleure culture agricole des citoyens. En quoi est-elle défaillante ?
Thierry Doré : Ceux qui affirment savoir comment il faut faire pour que l'agriculture évolue « dans le bon sens » se nourrissent souvent plus de convictions *a priori* que de faits, plus d'illusions que de raisonnements et plus d'idéologie que d'évaluation objective des rapports entre coûts et bénéfices. Du coup, les citoyens sont bombardés d'avis dont ils ne savent que penser. C'est typique sur la question des OGM par exemple. Pour que le lecteur puisse se construire son propre avis, nous avons délaissé le clivage entre « pro » et « anti », pour dresser le bilan des risques et bénéfices, sur la base des connaissances actuelles.

Olivier Réchauchère : Ce besoin de culture agricole concerne autant ceux qui ont un lien direct avec l'agriculture, que ceux qui n'en ont pas, comme les lycéens, les enseignants du primaire et du secondaire ou des décideurs. Et parmi les premiers, il se trouvera toujours un domaine dont ils ne sont pas spécialistes. Je pense notamment aux personnels de l'Inra !

L'objectif du livre n'est pas d'attaquer de front les idées préconçues. On peut cependant se demander pourquoi elles perdurent ?
Olivier Réchauchère : On peut l'expliquer par la rapidité, un demi-siècle seulement, avec laquelle la France est passée d'une société agricole à une société urbaine. Mais aussi par les messages publicitaires, celui d'un monde agricole bucolique et obsolète, que véhiculent souvent les industries agro-alimentaires, ou par la force symbolique du vivant et de la terre nourricière.

Disparition des abeilles, brevetabilité du vivant, etc., sont actuellement l'objet de vifs débats, mais ne sont pas traités dans votre livre. Pourquoi ?
Thierry Doré : La disparition des abeilles est un exemple parmi d'autres de la fragilité de la biodiversité. Nous avons préféré traiter de façon plus globale cette biodiversité. Deux entrées différentes lui sont consacrées « Animaux et végétaux : pourquoi l'agriculture a-t-elle perdu sa diversité ? » et « Quel est l'impact de l'agriculture sur la biodiversité ? »
Philippe Schmidely : Nous avons retenu les questions qui revenaient le plus souvent, dans la presse et notre entourage. Le choix s'est fait à notre initiative, comme ce livre d'ailleurs, indépendamment de nos organismes de rattachement, l'Inra et AgroParisTech (1).
Le livre expose en seize questions ce qu'il faut connaître pour comprendre les débats actuels sur l'agriculture. Il ne délivre pas une vérité ; comme le titre l'indique, ce livre donne des clés pour comprendre. Mais il faudra peut-être prévoir rapidement un deuxième tome ! Car nous ne répondons effectivement pas à toutes les questions, comme celles de l'évolution du rôle des structures agricoles et para-agricoles (syndicats, coopératives), du poids des filières de transformation et commercialisation sur l'agriculture, du foncier, etc.

Propos recueillis par M. S.

(1) Philippe Schmidely, spécialiste de l'alimentation animale et Thierry Doré, adjoint au chef de département « Environnement et agronomie » de l'Inra, sont enseignants-chercheurs à AgroParisTech. Olivier Réchauchère est responsable de la communication au centre Inra de Versailles-Grignon.

en bref

L'élevage en mouvement Flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores

Benoît Dedieu, Eduardo Chia, Bernadette Leclerc, Charles-Henri Moulin, Muriel Tichit

Face à un monde et à un climat de plus en plus changeants et incertains, s'adapter pour durer est devenu une nécessité pour les éleveurs d'herbivores. Différentes contributions présentent les principales sources de flexibilité leur permettant de réagir et d'anticiper, mais aussi comment transformer leurs exploitations. Elles résultent du projet de recherche sur les « Transformations des pratiques des éleveurs » que l'Inra a mené entre 2000 et 2005, associant zootechniciens, agronomes, biologistes, sociologues, gestionnaires et économistes. Les auteurs plaident pour de nouvelles méthodes d'analyse et de conception de conduites d'élevage.

Éditions Quae - Update Sciences & Technologies, 2008, 293 p., 40 €.

La biodiversité au quotidien Le développement durable à l'épreuve des faits

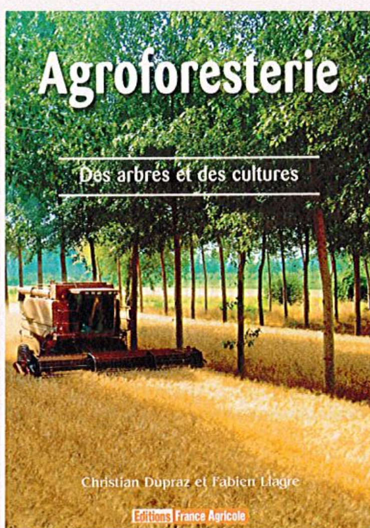
Christian Lévêque

L'originalité de ce livre est de ne pas seulement voir la biodiversité comme victime de l'homme. Où se situe la ligne de démarcation entre les espèces à protéger et celles dites « nuisibles » ? Comment s'accommoder de réalités économiques très contrastées entre les deux hémisphères ? Ce livre met en relief la complexité de ce concept très actuel.

Éditions Quae - co-éditions IRD, 2008, 286 p, 32 €.

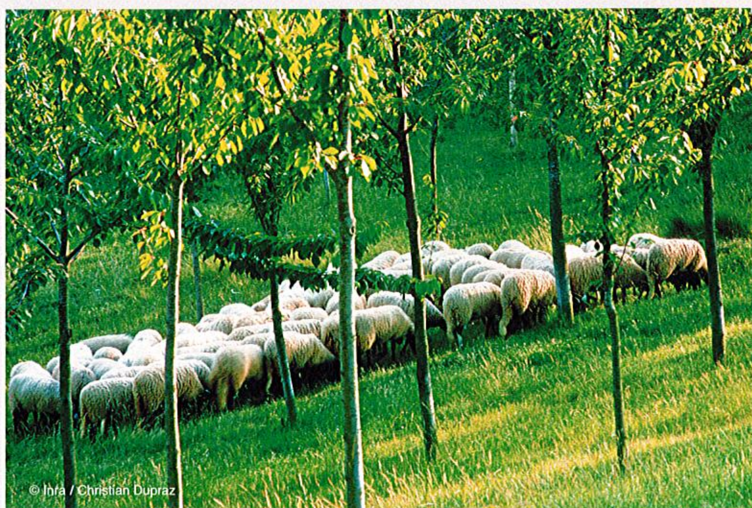
Des arbres au cœur des champs

AGROFORESTERIE - DES ARBRES ET DES CULTURES
Christian Dupraz, Fabien Liagre
ÉDITIONS FRANCE AGRICOLE, 2008, 43 €



Ce manuel, illustré de magnifiques photos, explore les multiples facettes de l'agroforesterie, association de cultures et d'arbres, qui permet de produire simultanément sur une même parcelle des produits de l'arbre (bois, fruits) et des productions agricoles. Des travaux scientifiques récents montrent que ces mélanges peuvent être très efficaces, à la fois en termes de production, mais aussi en termes de protection de l'environnement. L'histoire agricole est riche en exemples d'agroforesterie qui perdurent parfois, comme l'association de vigne et d'oliviers en méditerranée ou de maraîchage et d'arbres fruitiers lorsque la terre est rare. Malgré cela, l'idée paraît toujours étonnante tant les arbres ont été extirpés des champs depuis un siècle, en même temps que les cultures ont été intensifiées.
La première partie du livre explique le fonctionnement d'une parcelle agroforestière : arbres et cultures modifient mutuellement leurs environnements, et s'adaptent l'un à l'autre, dans un équilibre dynamique. La seconde partie répond aux questions techniques, de la plantation des arbres à leur récolte, du choix des cultures intercalaires à leur gestion quotidienne, car il y a mille agroforesteries possibles.

Magali Sarazin


© Inra / Christian Dupraz

Les mycorhizes - La nouvelle révolution verte

Jean-André Fortin, Christian Plenchette, Yves Piché

Découverts à la fin du 19e siècle, les mycorhizes sont des champignons microscopiques qui vivent en symbiose avec les racines des plantes. Durant les 35 dernières années, les scientifiques ont démontré leur rôle important, assurant notamment la nutrition phosphatée des plantes et permettant de s'affranchir des fertilisants phosphatés ou encore leur rôle dans la résistance à la sécheresse. Pourtant, leur existence est peu exploitée en horticulture, agriculture et foresterie, ou même pour réhabiliter des sites pollués. Ce livre, référence sur la biologie fascinante des mycorhizes, est indispensable pour tous ceux qui se sentent concernés par la culture des végétaux.

Éditions Quæ et Multimondes, Québec, 2008, 148 p., 45 €.

éditions Quæ

www.quae.com

c/o Inra - RD 10 - F-78026 Versailles Cedex

revues

REVUE D'ETUDES EN AGRICULTURE ET ENVIRONNEMENT REVIEW OF AGRICULTURAL AND ENVIRONMENTAL STUDIES N° 86 2008 - 1

Revue scientifique et trimestrielle éditée par le Département « Sciences sociales, agriculture et alimentation, espace et environnement » de l'Inra, les *Cahiers d'économie et sociologie rurales* changent de nom. S'ils adoptent un nouveau titre, en français et en anglais, ils continuent à publier des articles scientifiques d'économie, de sociologie et d'histoire consacrés à l'agriculture, aux industries agro-alimentaires, à la consommation alimentaire, à l'espace rural et à l'environnement. « *Ce changement de nom,* explique Carl Gaigné son rédacteur en chef, *fait partie d'une stratégie éditoriale d'amélioration de la revue. Il s'agit, d'une part, d'augmenter le nombre de publications rédigées en anglais, celles-ci n'ayant représenté qu'environ 25 % de nos articles en 2007. Le second objectif vise à identifier de manière très claire les thèmes privilégiés par la revue. Ensuite, nous tentons d'accroître le nombre de nos lecteurs et d'améliorer le taux de citation de la Revue.* » La dernière page des Cahiers est tournée, vive la Revue !

Sommaire :
www.inra.fr/esr/publications/cahiers/

LA RAMIFICATION CONTRÔLÉE

Des chercheurs de l'Inra, du CNRS, des universités de Toulouse et du Queensland en Australie ont identifié une nouvelle hormone végétale, de la famille des strigolactones, qui empêche la ramification de la plante. Cette découverte majeure a fait la couverture de la prestigieuse revue scientifique « Nature ».
Il devient envisageable d'utiliser ces composés naturels pour modifier le degré de ramification des plantes qu'on cherche à inhiber car il agit directement sur le rendement et la qualité de la production.
En effet, l'application de strigolactones sur les parties aériennes des plantes ne touche que leur ramification, sans perturber le reste de leur développement.

REGARD

Agitateur d'idées


Dessin : Violette Le Quéré-Cady

Patrick Legrand est un militant de l'environnement un peu particulier. Il a commencé par être architecte, il s'est formé à la linguistique, à l'archéologie et aux lettres modernes et vient de quitter après plus de vingt ans de services loyaux et néanmoins irritants, la Mission Environnement-Société de l'Inra pour devenir vice-président de la Commission nationale du débat public.
La Mission Environnement-Société a été pionnière sur les problématiques environnementales à l'Inra. Mandatée pour développer une posture critique par rapport aux activités de l'Institut, elle se situe à l'interface entre science et société et publie le Courrier de l'Environnement.

La Mission Environnement-Société (ME&S) est une entité originale au sein de l'Inra et n'a pas d'équivalent dans les autres organismes de recherche. Comment l'expliquez-vous ?
Patrick Legrand : La ME&S est considérée simultanément dans l'Inra et en dehors. Selon les interlocuteurs, elle représente tantôt l'Inra, tantôt un électron libre, ce qui lui permet d'avoir des relations avec des gens dont les positions sur l'Inra sont parfois opposées. C'est un lieu de réflexion non partisan et ouvert à tous.

Quel en est le principe de travail ?
P. L. : Nous revisitons, dans le large champ des questions d'environnement et de développement durable, les certitudes partagées en espérant une intuition préfigurant des problématiques inattendues. Voici par exemple une question initiale : et si, dans la perspective de l'agriculture conventionnelle mondialisée, le transport était un maillon faible déterminant ? Il s'agit ensuite de donner consistance et légitimité à la question. Autre exemple, une collègue a récemment investi le champ de l'alimentation durable et y a trouvé de vraies pépites autour des bilans carbone et énergétique, qui titillent les recherches sur l'alimentation et contribuent au débat avec des partenaires. Mon rôle à moi était de donner à mes collaborateurs l'occasion de chercher en terrain pionnier et de mettre en forme ces pistes originales sans prédéfinir le point d'arrivée.
La façon de penser de la ME&S rappelle l'anastomose, celle de ces fleuves encore sauvages et assez extraordinaires qui forment et reforment des tresses et dont la modernité rêve de faire des canaux rectilignes ! La pensée circule, bifurque, prend consistance au gré des attractions et des perspectives. C'est le choix de processus génératifs qui fait une grande partie de l'originalité des résultats de la ME&S.

Vous revendiquez une certaine impertinence...
P. L. : Une de nos caractéristiques, c'est de ne jamais avoir eu d'idées préconçues. Statutairement, la mission a pour mandat de mettre un peu de désordre dans la tête de nos collègues. Ce n'est pas par esprit de contradiction imbécile, mais c'est ce qu'on attend de nous. Donc c'est sans volonté de nuire. Nous sommes un « service de contre-pied ».

Au démarrage, l'idée était de construire des cultures qui intègrent l'environnement. Cela nous a amenés, il y a quelques années, à organiser des réunions de « 5 à 7 » ouvertes à des collègues et à des personnes extérieures à l'Inra. Notre objectif était de co-construire de nouvelles représentations d'objets complexes relatifs au développement durable. Et jamais, on ne se disait « on va arriver là ». On voyait les conceptions se construire collectivement par des personnes qui n'avaient pas l'habitude de travailler ensemble.
Une autre impertinence est de dire que la recherche, pour ses propres finalités comme pour son insertion dans la société, n'est rien sans la culture et la maîtrise de la langue. C'est un principe en contradiction avec ce qu'est la science actuellement. Nous travaillons ainsi à affiner nos propres modes de raisonnement et d'expression avec une romancière, Isabelle Jarry, dans le cadre d'un projet de « prose de recherche ».

Et *Le Courrier de l'Environnement* ?

P. L. : Le *Courrier de l'environnement*, coproduit des activités de la ME&S, est une revue de combat et de conquête. Les objets de recherche offerts par l'environnement n'ont, pendant longtemps, pas été considérés comme légitimes pour la recherche. Ils sont souvent complexes et sous contraintes et, de ce fait, la science ne peut échapper ni à la société, ni à la culture, ni à la politique. La première règle du Courrier, c'est de rendre compte de tout cela le plus clairement possible et de la façon la plus articulée. La deuxième, c'est la gratuité. Comme la revue est lisible, les gens la lisent ! L'humour incline au recul critique, sert d'appel et annonce que la science n'est pas faite que pour les pisse-froids. Il n'y a pas de comité de lecture, mais une relecture sur plusieurs critères : le premier, c'est la rigueur et on n'a pas toujours besoin d'être un spécialiste pour juger de la logique du raisonnement de l'auteur. Le second, c'est l'ouverture. Cela a amené à publier un article venant d'un industriel des pesticides. Des lecteurs ont été choqués, d'autres le furent aussi quand on a publié que le « bio » n'est pas par nature durable comme par exemple quand il a un coût en carbone et en énergie important. Si nous avions été partisans, nous aurions pudiquement mis cela sous le tapis…

Vous avez participé à de nombreux débats publics. Quelles leçons en tirez-vous pour la recherche ?

P. L. : Mon expérience des débats publics sur les OGM, Iter et autres, me fait dire que le débat public offre à la recherche l'occasion de problématiques nouvelles. C'est dans le monde de la recherche, que d'aucuns disent plat, un moteur de fractures conceptuelles et méthodologiques. En modifiant la perspective d'analyse d'objets toujours sociotechniques, on en reconstruit à la fois la complexité, le faisceau d'interactions et de contraintes et, donc l'interdisciplinarité. Le débat de société enrichit et socialise alors radicalement les problématiques. C'est d'ailleurs pour cela que j'espère que les lois du Grenelle de l'Environnement imposeront un débat public d'amont sur tous les programmes de recherches pouvant déboucher sur des innovations technologiques ayant probablement des incidences fortes sur l'environnement et le développement durable. ●

Propos recueillis par
Catherine Donnars

Evolution de la ME&S : du « désordre » à l'anticipation

La ME&S, créée en 1997, a pris la suite de la Délégation permanente à l'environnement (1993-1997) qui elle-même succédait à la cellule Environnement (1986-1993). Ces structures, toujours légères et autonomes, ont correspondu à des étapes de l'assimilation de la question environnementale par l'Inra. Le périmètre des compétences situé en amont de la recherche *stricto sensu*, a évolué du développement d'une culture interne sur l'environnement à une consigne de posture plus critique sur les enjeux de l'environnement ainsi que sur la façon dont l'Inra les traite. La ME&S a accompagné ces évolutions en intégrant à son champ d'intervention le développement durable et la gouvernance.
Le remplacement de Patrick Legrand par Jean-Luc Pujol en juillet dernier correspond à un nouvel élargissement à des objets de recherche émergents ou à des contextes sociétaux inhabituels qui pourraient concerner l'Institut, ses travaux, ses stratégies et ses responsabilités.
La ME&S devrait s'appeler sous peu Mission d'anticipation Recherche/Société & Développement durable (MaR/S).

« Depuis 1986, le Courrier de l'environnement de l'Inra est un irrégulomadaire étonnant à plus d'un titre. Libre et gratuit, mais sérieux, il s'intéresse à tout et ne s'interdit rien. Ses rubriques émanent de tout ce que l'équipe de la ME&S peut glaner dans les champs de l'agriculture, de l'environnement, des sciences et de la société : problématiques, débats, éléments de repère dans le paysage agricole français, ou en dehors. (…) Il compte aujourd'hui 14 500 lecteurs. » dixit Le Courrier.



+d'infos
www.inra.fr/dpenv/

AGENDA

19/23 oct
PARIS

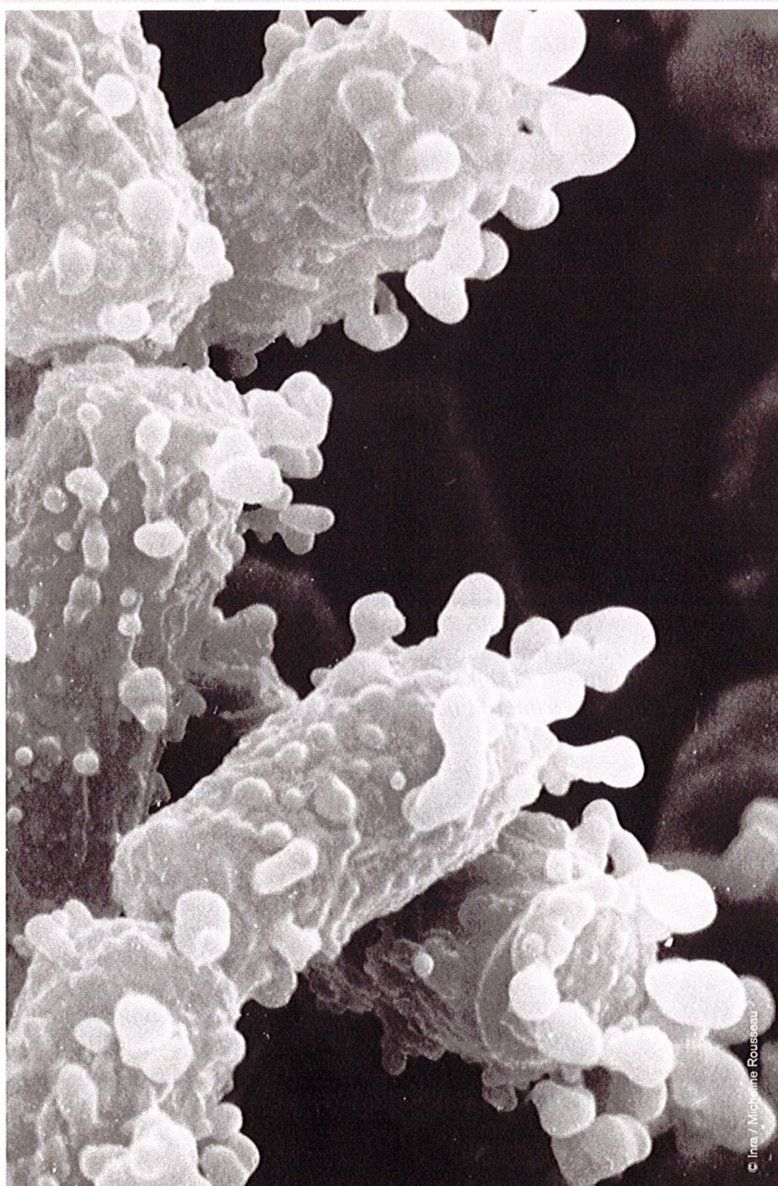
Salon international de l'alimentation - Sial
L'Inra sera présent au Sial (Hall 5A, stand D001) pour présenter ses recherches dans le domaine de l'alimentation et plus particulièrement sur le goût, la santé et la sécurité. Un colloque organisé par l'Inra aura lieu le mercredi 22 octobre sur le thème « Perception sensorielle et comportement des consommateurs ».
WWW.sial.fr

4/5 nov
MONTPELLIER

Conférence Biodiversité et Agricultures : défis d'aujourd'hui, recherche de demain pour une agriculture durable
Organisée dans la cadre de la Présidence française de l'Union européenne et patronnée par les ministères de la Recherche et l'enseignement supérieur, de l'Agriculture de la pêche et l'Inra, cette conférence internationale s'adresse à un public de décideurs européens et de la société civile. Elle illustre l'importance des recherches sur les interactions entre agriculture et biodiversité.
WWW.inra.fr/biodiversite_agriculture_pfue

6/8 nov
NANCY

La filière forêt-bois européenne : des bio-réponses aux nouveaux enjeux climatiques et énergétiques ?
Conférence scientifique internationale organisée sous l'égide du ministère de l'Agriculture et de la Pêche, dans le cadre de la Présidence française de l'Union Européenne, afin de contribuer au débat sur les rôles de la forêt et du bois dans le régime climatique post 2012.
WWW.gip-ecofor.org/publi/page.php?id=2&rang=0&domain=34&lang=fr_FR



GEOTRICHUM CANDIDUM vue au microscope électronique à balayage. Cette levure à haut pouvoir lipolytique et protéolytique participe à l'élaboration de l'arôme et de la texture du fromage.

17/23 nov
FÊTE DE LA SCIENCE

La Ville européenne des sciences au Grand Palais à Paris (du 14 au 16 novembre) marquera le coup d'envoi de la 17e édition de la Fête de la science. Organisée à l'occasion de la Présidence française de l'Union européenne, l'Inra prend part à cette manifestation.
WWW.fetedelascience.fr/

2 décembre
DIJON

Gestion des mauvaises herbes en grandes cultures
Cette 3e édition des Carrefours de l'innovation agronomique 2008 (Ciag) portera sur la gestion de la flore adventice en grandes cultures, préoccupation importante pour les agriculteurs en raison de l'impact potentiel sur la production.
WWW.inra.fr/ciag/colloques

2/3 déc
PARIS

Journées 2008 du comité d'Histoire de l'Inra
Ces journées seront consacrées aux archives orales de l'Inra - Archorales - et à l'alimentation.
Le comité d'Histoire en lien avec le Directeur Scientifique Nutrition Humaine et Sécurité des Aliments animera un séminaire « L'INRA et l'alimentation humaine : une histoire à construire ».
http://colloque.inra.fr/j2008_histoire_inra
WWW.inra.fr/sed/Comite-Histoire-INRA/